Academic to Admission
সকল ধরনের মেটেরিয়ালসের
এক বিশাল সমাহার।

PDF NEXUS

“
এখানে ক্লিক করে
জয়েন করো
PDF Nexus
”

শর্ট
সিলেবাস
এগজাম
প্রিপারেশন

পাঞ্জেরী

সঠিক প্রশ্নোত্তর, সেরা প্রস্তুতি

এইচএসসি
টেস্ট পেপার

মেইড ইজি
উত্তরপত্র

internet linked

পরীক্ষা ২০২৫ | সকল বোর্ড

পদার্থবিজ্ঞান

প্রথম ও দ্বিতীয় পত্র

বোর্ড প্রশ্নের
সংখ্যাভিত্তিক
বিশ্লেষণ সংবলিত

বোর্ড পরীক্ষার
প্রশ্নোত্তর

শীর্ষস্থানীয় কলেজের
নির্বাচনি পরীক্ষার
প্রশ্নোত্তর

এক্সক্লুসিভ মডেল
টেস্টের উত্তরমালা

বহুনির্বাচনি প্রশ্নোত্তরের ব্যাখ্যা

পাঞ্জেরী

সঠিক প্রশ্নোত্তর, সেরা প্রস্তুতি

এইচএসসি
টেস্ট পেপারস

মেইড ইজি উত্তরপত্র

internet-linked

পরীক্ষা ২০২৫ । সকল বোর্ড

পদার্থবিজ্ঞান

প্রথম ও দ্বিতীয় পত্র

রচনা ও সম্পাদনা
দেশের শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের
বিশেষজ্ঞ শিক্ষকবৃন্দের সমন্বয়ে গঠিত পর্ষদ

Tutor
টিউটরসহ একটি অভিনব
টেস্ট পেপারস মেইড ইজি বই

পাঞ্জেরী পাবলিকেশন্স লি.

সূচিপত্র

বিস্তারিত সূচি ২-১৫
একনজরে বোর্ড ও কলেজভিত্তিক প্রশ্নোত্তর বিন্যাস ১৬-২২

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

বিষয়বস্তু পৃষ্ঠা নম্বর

বিস্তারিত সূচি ২

- ■ **সৃজনশীল রচনামূলক** ২৪
  - বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ২৪
- ■ **সৃজনশীল বহুনির্বাচনি** ২৮৫
  - বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা ২৮৫
  - শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা ২৯৫
  - এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের উত্তরমালা ৩০৮
  - **পরিশিষ্ট:** বাছাইকৃত কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ২০২৫ ..... ৩০৮

পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্র

বিষয়বস্তু পৃষ্ঠা নম্বর

বিস্তারিত সূচি ৯

- ■ **সৃজনশীল রচনামূলক** ৩১০
  - বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ৩১০
- ■ **সৃজনশীল বহুনির্বাচনি** ৫৮৭
  - বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা ৫৮৭
  - শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা ৫৯৬
  - এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের উত্তরমালা ৬০৮
  - **পরিশিষ্ট:** বাছাইকৃত কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ২০২৫ ..... ৬০৮

বিস্তারিত সূচি

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

সৃজনশীল রচনামূলক

ক বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ২৪-২৮৪

প্রশ্ন নং | বোর্ড / কলেজ | পৃষ্ঠা

অধ্যায় ১ ভৌতজগত ও পরিমাপ

■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২৪
১. বৃন্দাবন সরকারি কলেজ, হবিগঞ্জ। প্রশ্ন নং ১ .... ২৪

অধ্যায় ২ ভেক্টর

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ২৫
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২৫
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ২৫
২. ঢাকা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ .... ২৬
৩. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ২৬
৪. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৮ .... ২৭
৫. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ২৭
৬. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৪ .... ২৮
৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ২৮
৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৬ .... ২৯
৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ৩০
১০. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৫ .... ৩০
১১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ৩১
১২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৮ .... ৩১
১৩. সিলেট বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ৩২
১৪. যশোর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ৩২
১৫. বরিশাল বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৩
১৬. ঢাকা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৩
১৭. ঢাকা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৮ .... ৩৪
১৮. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ১, দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১ .... ৩৪
১৯. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৫
২০. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৪ .... ৩৫
২১. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৬
২২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৬
২৩. সিলেট বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৬
২৪. যশোর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৭
২৫. বরিশাল বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৮
২৬. ঢাকা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৮
২৭. ঢাকা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৮ .... ৩৮
২৮. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৩৯
২৯. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৩ .... ৪০
৩০. রাজশাহী বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৪০
৩১. রাজশাহী বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৩ .... ৪১
৩২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৪১
৩৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ .... ৪২
৩৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৪২
৩৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৮ .... ৪৩
৩৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৩
৩৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ .... ৪৩
৩৮. সিলেট বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৪
৩৯. সিলেট বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ .... ৪৫

প্রশ্ন নং | বোর্ড / কলেজ | পৃষ্ঠা

৪০. যশোর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৫
৪১. বরিশাল বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৬
৪২. বরিশাল বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৮ .... ৪৬
৪৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৭
৪৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৭
৪৫. সিলেট বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৮
৪৬. বরিশাল বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৮
৪৭. ঢাকা বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৯
৪৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ .... ৪৯
৪৯. সিলেট বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ .... ৫০
৫০. ঢাকা বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ .... ৫০
৫১. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ১ .... ৫১
৫২. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল। প্রশ্ন নং ১ .... ৫১
৫৩. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৫২
৫৪. পাবনা ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৫২
৫৫. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৫৩
৫৬. রংপুর ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৫৩
৫৭. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৫৪
৫৮. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ২ .... ৫৪
৫৯. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৮ .... ৫৫
৬০. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৫৫
৬১. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ২ .... ৫৬
৬২. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ১ .... ৫৬
৬৩. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৮ .... ৫৬
৬৪. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ .... ৫৭
৬৫. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৬ .... ৫৭
৬৬. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ১ .... ৫৮
৬৭. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ .... ৫৮
৬৮. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ১ .... ৫৯
৬৯. ঢাকা কলেজ। প্রশ্ন নং ৬ .... ৫৯
৭০. ঢাকা কলেজ। প্রশ্ন নং ৭ .... ৬০
৭১. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৬০
৭২. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ। প্রশ্ন নং ২ .... ৬০
৭৩. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ১ .... ৬১
৭৪. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ .... ৬১
৭৫. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ১ .... ৬১
৭৬. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ .... ৬২
৭৭. ঢাকা সিটি কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৬৩
৭৮. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ১ .... ৬৩
৭৯. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ১ .... ৬৪
৮০. ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৬৪
৮১. বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৮ .... ৬৫
৮২. মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৮ .... ৬৫
৮৩. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর। প্রশ্ন নং ১ .... ৬৫
৮৪. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী। প্রশ্ন নং ৪ .... ৬৬
৮৫. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ। প্রশ্ন নং ২ .... ৬৬
৮৬. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ। প্রশ্ন নং ১ .... ৬৭
৮৭. রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ। প্রশ্ন নং ১ .... ৬৭
৮৮. রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ। প্রশ্ন নং ২ .... ৬৭

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৮৯. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া। প্রশ্ন নং ১ ..... ৬৮
৯০. ইসলামিয়া সরকারি কলেজ, সিরাজগঞ্জ। প্রশ্ন নং ১ ..... ৬৮
৯১. দিনাজপুর সরকারি কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ..... ৬৮
৯২. সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর। প্রশ্ন নং ৮ ..... ৬৯
৯৩. সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা। প্রশ্ন নং ২ ..... ৬৯
৯৪. সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা। প্রশ্ন নং ৭ ..... ৬৯
৯৫. কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ..... ৬৯
৯৬. ড্যাফোডিল ইন্টারন্যাশনাল কলেজ, চাঁদপুর। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭০
৯৭. চট্টগ্রাম কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭০
৯৮. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭১
৯৯. বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭১
১০০. জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭২
১০১. জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭২
১০২. সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট। প্রশ্ন নং ৬ ..... ৭৩
১০৩. সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট। প্রশ্ন নং ৭ ..... ৭৩
১০৪. মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ। প্রশ্ন নং ৭ ..... ৭৪
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য ..... Internet linked
১০৫. ঢাকা বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১০৬. ঢাকা বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৮ ..... ৭৪
১০৭. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১০৮. রাজশাহী বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৬ ..... ৭৪
১০৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১১০. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৭৪
১১১. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১১২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭৪
১১৩. যশোর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১১৪. যশোর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭৪
১১৫. বরিশাল বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭৪
১১৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১১৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৭ ..... ৭৪
১১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১১৯. যশোর বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২০. বরিশাল বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২১. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২২. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২৫. সিলেট বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২৬. যশোর বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২৭. বরিশাল বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১২৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩০. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩২. সিলেট বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩৩. যশোর বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩৪. বরিশাল বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪
১৩৮. যশোর বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ১ ..... ৭৪

অধ্যায় ৪ নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ৭৫
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৭৫
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৪ ..... ৭৫
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭৫
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭৬
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৪ ..... ৭৭
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২; সিলেট বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭৭
প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭৭
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৬ ..... ৭৮
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৭৮
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৭৯
১০. ঢাকা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ ..... ৭৯
১১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৭৯
১২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৫ ..... ৮০
১৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮০
১৪. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৮ ..... ৮১
১৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৮১
১৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮২
১৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮২
১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৮৩
১৯. সিলেট বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৩
২০. যশোর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৪
২১. বরিশাল বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৪
২২. বরিশাল বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৮৫
২৩. ঢাকা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৫
২৪. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৫
২৫. রাজশাহী বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৬
২৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৮৬
২৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৬
২৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৮৭
২৯. সিলেট বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৮৭
৩০. যশোর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৮
৩১. বরিশাল বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৮
৩২. রাজশাহী বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৯
৩৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ..... ৮৯
৩৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৭ ..... ৯০
৩৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৪ ..... ৯০
৩৬. সিলেট বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৭ ..... ৯১
৩৭. বরিশাল বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৮ ..... ৯১
৩৮. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ..... ৯২
৩৯. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৮ ..... ৯২
৪০. পাবনা ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৪ ..... ৯২
৪১. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ..... ৯৩
৪২. রংপুর ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৪ ..... ৯৩
৪৩. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ..... ৯৪
৪৪. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৯৪
৪৫. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৯৪
৪৬. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৪ ..... ৯৫
৪৭. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৯৫
৪৮. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ ..... ৯৫
৪৯. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৯৬
৫০. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৯৬
৫১. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ ..... ৯৭
৫২. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৯৭
৫৩. ঢাকা কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ৯৮
৫৪. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৯৮
৫৫. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ..... ৯৮
৫৬. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৮ ..... ৯৯
৫৭. ঢাকা সিটি কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ..... ১০০
৫৮. ঢাকা সিটি কলেজ। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১০০
৫৯. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ ..... ১০১
৬০. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১০১
৬১. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ ..... ১০২
৬২. ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ..... ১০২
৬৩. মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ ..... ১০২
৬৪. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর। প্রশ্ন নং ২ ..... ১০৩
৬৫. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১০৩
৬৬. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী। প্রশ্ন নং ৭ ..... ১০৪
৬৭. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১০৫

[illegible] ময়মনসিংহ | প্রশ্ন নং ২ .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]
[illegible] .... [illegible]

■ [illegible] (সৃজনশীল [illegible])

৭৯. ঢাকা বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
৮০. ঢাকা বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৬ .... ১১০
৮১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
৮২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
৮৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
৮৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৬ .... ১১০
৮৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৫ .... ১১০
৮৬. সিলেট বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
৮৭. যশোর বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
৮৮. যশোর বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১১০
৮৯. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
৯০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৬ .... ১১০
৯১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ১ .... ১১০
৯২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
৯৩. যশোর বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
৯৪. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
৯৫. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮ | প্রশ্ন নং ১ .... ১১০
৯৬. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮ | প্রশ্ন নং [illegible] ১১০
৯৭. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
৯৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
৯৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
১০০. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
১০১. সিলেট বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
১০২. যশোর বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
১০৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
১০৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
১০৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
১০৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
১০৭. সিলেট বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ৫ .... ১১০
১০৮. যশোর বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১০
১০৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১১০
১১০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ১ .... ১১০
১১১. সিলেট বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০
১১২. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১০

অধ্যায় ৫ কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ১১১
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল জ্ঞানমূলক প্রশ্নোত্তর ১১১
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১১
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১২
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১২
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১৩
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৩; সিলেট বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১১৩
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১৪
৭. যশোর বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ২ .... ১১৪
৮. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৮ .... ১১৫
৯. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১১৫
১০. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৪ .... [illegible]
১১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ১ .... [illegible]
১২. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৩ .... [illegible]
১৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ২ .... [illegible]
১৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৩ .... [illegible]
১৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৪ .... [illegible]
১৬. সিলেট বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৩ .... [illegible]
১৭. যশোর বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৬ .... [illegible]
১৮. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৪ .... [illegible]
১৯. ঢাকা বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৩, যশোর বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৩ .... [illegible]
২০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৪ .... [illegible]
২১. রাজশাহী বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৪ .... [illegible]
২২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৫ .... [illegible]
২৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৩ .... [illegible]
২৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৪ .... [illegible]
২৫. সিলেট বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৪ .... [illegible]
২৬. বরিশাল বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ৭ .... [illegible]
২৭. ঢাকা বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৩ .... [illegible]
২৮. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৭ .... [illegible]
২৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৬ .... [illegible]
৩০. বরিশাল বোর্ড ২০২১ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১২৬
৩১. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১২৭
৩২. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১২৭
৩৩. সিলেট বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৬ .... ১২৮
৩৪. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল | প্রশ্ন নং ২ .... ১২৮
৩৫. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল | প্রশ্ন নং ৩ .... ১২৯
৩৬. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল | প্রশ্ন নং ৭ .... ১২৯
৩৭. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১২৯
৩৮. পাবনা ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৮ .... ১৩০
৩৯. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৩১
৪০. রংপুর ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৫ .... ১৩১
৪১. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৩১
৪২. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ১ .... ১৩১
৪৩. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৩২
৪৪. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৩৩
৪৫. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৩৩
৪৬. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৭ .... ১৩৪
৪৭. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৮ .... ১৩৫
৪৮. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা | প্রশ্ন নং ২ .... ১৩৬
৪৯. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৮ .... ১৩৬
৫০. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৩৭
৫১. ঢাকা কলেজ | প্রশ্ন নং ২ .... ১৩৭
৫২. ঢাকা কলেজ | প্রশ্ন নং ৮ .... ১৩৮
৫৩. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৩৮
৫৪. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৩৯
৫৫. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৭ .... ১৩৯
৫৬. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৪০
৫৭. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৪০
৫৮. ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৪০
৫৯. মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৪১
৬০. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৪২
৬১. কিশোরগঞ্জ সরকারি মহিলা কলেজ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৪২
৬২. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ | প্রশ্ন নং ৬ .... ১৪২
৬৩. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৪২
৬৪. রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৪৩
৬৫. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া | প্রশ্ন নং ২ .... ১৪৩
৬৬. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৪৪
৬৭. দিনাজপুর সরকারি কলেজ | প্রশ্ন নং ২ .... ১৪৪
৬৮. দিনাজপুর সরকারি কলেজ | প্রশ্ন নং ৩ .... ১৪৫
৬৯. দিনাজপুর সরকারি কলেজ | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৪৬
৭০. সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা | প্রশ্ন নং ৪ .... ১৪৬

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৭১. ড্যাফোডিল ইন্টারন্যাশনাল কলেজ, চাঁদপুর। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৪৬
৭২. চট্টগ্রাম কলেজ। প্রশ্ন নং ৬ ..... ১৪৭
৭৩. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৪৭
৭৪. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৪৮
৭৫. বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৪৯
৭৬. জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৪৯
৭৭. সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৪৯
৭৮. সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য ..... internet linked
৭৯. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
৮০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৫০
৮১. রাজশাহী বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০
৮২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
৮৩. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০
৮৪. সিলেট বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৬ ..... ১৫০
৮৫. সিলেট বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
৮৬. যশোর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৫০
৮৭. বরিশাল বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০
৮৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
৮৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ২ ..... ১৫০
৯০. যশোর বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
৯১. বরিশাল বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
৯২. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
৯৩. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০
৯৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০
৯৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৮ ..... ১৫০
৯৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
৯৭. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ..... ১৫০
৯৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০
৯৯. যশোর বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
১০০. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০
১০১. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫০
১০২. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০
১০৩. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ২ ..... ১৫০
১০৪. সিলেট বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫০

অধ্যায় ৬ মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ১৫১
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৫১
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৫১
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫১
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৫২
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৭ ..... ১৫২
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫৩
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫৩
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫৪
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৫৪
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৫৫
১০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫৫
১১. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫৬
১২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৭ ..... ১৫৬
১৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫৭
১৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৫৭
১৫. সিলেট বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫৮
১৬. যশোর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৫৮
১৭. যশোর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৫৯
১৮. বরিশাল বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৫৯
১৯. ঢাকা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৬০
২০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৬০
২১. রাজশাহী বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৬১
প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
২২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৬ ..... ১৬১
২৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৬১
২৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৬২
২৫. সিলেট বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৬২
২৬. যশোর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৬৩
২৭. বরিশাল বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৬৩
২৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৬৪
২৯. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮। প্রশ্ন নং ৬ ..... ১৬৪
৩০. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৬৪
৩১. ঢাকা বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৬৫
৩২. সিলেট বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৭ ..... ১৬৫
৩৩. ঢাকা বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৬৬
৩৪. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল। প্রশ্ন নং ৮ ..... ১৬৬
৩৫. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৬৭
৩৬. পাবনা ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৬ ..... ১৬৭
৩৭. জয়পুরহাট গার্লস্ ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৭ ..... ১৬৭
৩৮. রংপুর ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৬ ..... ১৬৮
৩৯. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৬৮
৪০. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৬৯
৪১. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৬৯
৪২. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৬৯
৪৩. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৭০
৪৪. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা। প্রশ্ন নং ১ ..... ১৭০
৪৫. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭১
৪৬. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭২
৪৭. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭২
৪৮. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭২
৪৯. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৭৩
৫০. ঢাকা সিটি কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭৪
৫১. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭৪
৫২. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৭৪
৫৩. ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৭৫
৫৪. ঢাকা ক্যান্টনমেন্ট গার্লস পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭৬
৫৫. আজিমপুর গভর্নমেন্ট গার্লস স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭৬
৫৬. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭৭
৫৭. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৭৭
৫৮. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ। প্রশ্ন নং ১ ..... ১৭৭
৫৯. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৭৮
৬০. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৭৮
৬১. রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৭৮
৬২. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৭৮
৬৩. সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা। প্রশ্ন নং ৮ ..... ১৭৯
৬৪. চট্টগ্রাম কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ..... ১৭৯
৬৫. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৮০
৬৬. বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৮১
৬৭. জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৮১
৬৮. সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট। প্রশ্ন নং ২ ..... ১৮২
৬৯. সরকারি নূরুননাহার মহিলা কলেজ, ঝিনাইদহ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৮২
৭০. বরগুনা সরকারি মহিলা কলেজ। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৮২
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য ..... internet linked
৭১. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৮২
৭২. সিলেট বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৮২
৭৩. যশোর বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৮২
৭৪. যশোর বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৮২
৭৫. বরিশাল বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ৫ ..... ১৮২
৭৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৮২
৭৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৮২
৭৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৩ ..... ১৮২
৭৯. যশোর বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৪ ..... ১৮২
৮০. বরিশাল বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৮ ..... ১৮২

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৮১. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৩ ...... ১৮২
৮২. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮২
৮৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৩ ...... ১৮২
৮৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৩ ...... ১৮২
৮৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ১৮২
৮৬. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৩ ...... ১৮২
৮৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ২ ...... ১৮২
৮৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮২
৮৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ১৮২
৯০. সিলেট বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১ ...... ১৮২
৯১. যশোর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ১৮২
৯২. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮২

অধ্যায় ৭ পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ১৮৩
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১৮৩
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ...... ১৮৩
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৩
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৮৪
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ২ ...... ১৮৪
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ১৮৪
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৫
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৫
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৮৬
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ১৮৬
১০. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৭
১১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ১৮৭
১২. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৮
১৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৮
১৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৮
১৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৮৯
১৬. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৯
১৭. যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৮৯
১৮. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯০
১৯. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৯০
২০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯১
২১. রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯১
২২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ১৯১
২৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৯২
২৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯২
২৫. সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯৩
২৬. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯৩
২৭. বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৯৪
২৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯৪
২৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯৫
৩০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯৫
৩১. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৪ ...... ১৯৫
৩২. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৯৬
৩৩. পাবনা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ...... ১৯৬
৩৪. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ১৯৬
৩৫. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ১৯৭
৩৬. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ১৯৭
৩৭. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ১৯৮
৩৮. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ ...... ১৯৮
৩৯. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১ ...... ১৯৮
৪০. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪ ...... ১৯৯
৪১. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ...... ১৯৯
৪২. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০০
৪৩. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ...... ২০১
৪৪. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০১
৪৫. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০১
৪৬. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০২
প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ
৪৭. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০২
৪৮. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০৩
৪৯. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৩
৫০. ঢাকা ইম্পিরিয়াল কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৩
৫১. আইডিয়াল কলেজ ধানমন্ডি, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৩
৫২. শহীদ পুলিশ স্মৃতি কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০৪
৫৩. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০৪
৫৪. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ২ ...... ২০৪
৫৫. ঘাটাইল ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৮ ...... ২০৪
৫৬. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৪
৫৭. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৫
৫৮. রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০৫
৫৯. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৬
৬০. কাদিরাবাদ ক্যান্টনমেন্ট স্যাপার কলেজ, নাটোর । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৬
৬১. দিনাজপুর সরকারি কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০৬
৬২. সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০৭
৬৩. বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৭
৬৪. সিএমপি স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৭
৬৫. জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০৮
৬৬. যশোর শিক্ষা বোর্ড মডেল স্কুল এন্ড কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৬৭. ভোলা সরকারি কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য ...... Internet-linked
৬৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
৬৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৭০. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৭১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
৭২. সিলেট বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮ ...... ২০৮
৭৩. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৮ ...... ২০৮
৭৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
৭৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ২০৮
৭৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
৭৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
৭৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৭৯. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮ ...... ২০৮
৮০. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
৮১. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ২০৮
৮২. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
৮৩. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২০৮
৮৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৮৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৮৬. সিলেট বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৮৭. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৮৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৮৯. সিলেট বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮
৯০. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২০৮

অধ্যায় ৮ পর্যাবৃত্ত গতি

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ২০৯
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২০৯
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ২০৯
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২০৯
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ২১০
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ ...... ২১১
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২১১
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২১২
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ২১২
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ...... ২১৩
৯. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ...... ২১৩
১০. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২১৪
১১. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ...... ২১৪

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা

১২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২১৫
১৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২১৫
১৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২১৬
১৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২১৬
১৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২১৭
১৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২১৭
১৮. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২১৮
১৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২১৮
২০. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২১৯
২১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২১৯
২২. রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২২০
২৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২২০
২৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২২০
২৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২২১
২৬. সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২২১
২৭. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ ... ২২২
২৮. বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩ ... ২২২
২৯. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২২৩
৩০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২২৩
৩১. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২২৪
৩২. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২২৪
৩৩. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৫ ... ২২৫
৩৪. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২২৫
৩৫. পাবনা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২২৬
৩৬. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ... ২২৬
৩৭. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২২৬
৩৮. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ... ২২৭
৩৯. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২২৭
৪০. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২২৮
৪১. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ... ২২৮
৪২. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২২৯
৪৩. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ... ২২৯
৪৪. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ ... ২২৯
৪৫. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৩০
৪৬. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৩০
৪৭. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩১
৪৮. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ১ ... ২৩২
৪৯. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩২
৫০. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩৩
৫১. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৩৩
৫২. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৩৪
৫৩. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩৫
৫৪. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৩৫
৫৫. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩৫
৫৬. ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৩৫
৫৭. বেপজা পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩৬
৫৮. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩৬
৫৯. মোহাম্মদ ইমারাত হোসেইন আরিফ কলেজ, কোনাবাড়ী, গাজীপুর । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৩৬
৬০. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ১ ... ২৩৬
৬১. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৩৭
৬২. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৩৮
৬৩. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩৮
৬৪. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৩৯
৬৫. মুমিনুন্নিসা সরকারি মহিলা কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৩৯
৬৬. রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৩৯
৬৭. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪০
৬৮. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪০
৬৯. শেরউড ইন্টারন্যাশনাল (প্রাঃ) স্কুল এ্যান্ড কলেজ, বগুড়া । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৪০
৭০. সরকারি এডওয়ার্ড কলেজ, পাবনা । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪১
৭১. দিনাজপুর সরকারি কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৪১
৭২. দিনাজপুর সরকারি কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪২

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা

৭৩. কুড়িগ্রাম সরকারি কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪২
৭৪. সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা । প্রশ্ন নং ১ ... ২৪২
৭৫. ব্রাহ্মণবাড়িয়া সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ১ ... ২৪৩
৭৬. ড্যাফোডিল ইন্টারন্যাশনাল কলেজ, চাঁদপুর । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪৩
৭৭. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ... ২৪৩
৭৮. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৪৪
৭৯. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৫
৮০. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪৫
৮১. বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৬
৮২. বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪৬
৮৩. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৩ ... ২৪৭
৮৪. জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪৭
৮৫. সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট । প্রশ্ন নং ১ ... ২৪৮
■ **আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য** ... Internet linked
৮৬. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৪৮
৮৭. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
৮৮. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৪৮
৮৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪৮
৯০. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৪৮
৯১. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৪৮
৯২. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২৪৮
৯৩. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩ ... ২৪৮
৯৪. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৪৮
৯৫. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
৯৬. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪৮
৯৭. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
৯৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৪৮
৯৯. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬, ... ২৪৮
১০০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৪৮
১০১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
১০২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
১০৩. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
১০৪. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৪৮
১০৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
১০৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
১০৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৪৮
১০৮. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৪৮
১০৯. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৮
১১০. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৩ ... ২৪৮
১১১. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৩ ... ২৪৮
১১২. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৪৮
১১৩. যশোর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ... ২৪৮

অধ্যায় ১০ আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

■ **বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ** ... ২৪৯
■ **অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর** ... ২৪৯
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ... ২৪৯
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৫০
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২৫০
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২৫১
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২৫১
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৫১
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২৫২
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২৫২
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ২ ... ২৫৩
১০. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ... ২৫৩
১১. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৫৪
১২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮, দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ... ২৫৪
১৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৫৫
১৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ... ২৫৬

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
১৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৫৬
১৬. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৫৬
১৭. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৫৭
১৮. যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৫৭
১৯. যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৫৮
২০. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৫৮
২১. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৫৯
২২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৫৯
২৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬০
২৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬০
২৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৬০
২৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬১
২৭. সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬১
২৮. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৬২
২৯. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬২
৩০. বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ২৬২
৩১. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ২৬৩
৩২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬৩
৩৩. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ২৬৪
৩৪. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২ ..... ২৬৪
৩৫. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬৪
৩৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ২৬৫
৩৭. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৬ ..... ২৬৫
৩৮. ময়মনসিংহ গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৬৬
৩৯. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৬৬
৪০. পাবনা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ..... ২৬৬
৪১. পাবনা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ২৬৭
৪২. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ২৬৮
৪৩. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ..... ২৬৮
৪৪. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৬৮
৪৫. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬৯
৪৬. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ২৬৯
৪৭. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৬৯
৪৮. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৭০
৪৯. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ..... ২৭০
৫০. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৭১
৫১. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭১
৫২. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪ ..... ২৭২
৫৩. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭২
৫৪. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ২৭৩
৫৫. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৩
৫৬. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৩
৫৭. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ..... ২৭৪
৫৮. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৭৪
৫৯. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৫
৬০. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৫
৬১. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৫
৬২. ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৭৬
৬৩. ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৬
৬৪. মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৬
৬৫. বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৭৭
৬৬. মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৭৭
৬৭. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৭
৬৮. রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, গাজীপুর । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৮
৬৯. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৮
৭০. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ২৭৮
৭১. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ২৭৯

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ
৭২. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৮
৭৩. রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ । প্রশ্ন নং ৮
৭৪. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া । প্রশ্ন নং ৮
৭৫. পল্লী উন্নয়ন একাডেমী ল্যাবরেটরী স্কুল এন্ড কলেজ, বগুড়া । প্রশ্ন নং ৫
৭৬. দিনাজপুর সরকারি কলেজ । প্রশ্ন নং ৮
৭৭. সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা । প্রশ্ন নং ৫
৭৮. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৮
৭৯. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৮
৮০. বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৮
৮১. চিটাগাং ইউরিয়া ফার্টিলাইজার কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৮
৮২. জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৮
৮৩. বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ শমশেরনগর, মৌলভীবাজার । প্রশ্ন নং ৩
৮৪. সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট । প্রশ্ন নং ৮
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য ..... internet linked
৮৫. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭
৮৬. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫
৮৭. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮
৮৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮
৮৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩
৯০. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫
৯১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭
৯২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮
৯৩. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮
৯৪. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮
৯৫. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭
৯৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮
৯৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭
৯৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮
৯৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২
১০০. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৮
১০১. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৬
১০২. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮
১০৩. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮
১০৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮
১০৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭
১০৬. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬
১০৭. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮
১০৮. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮
১০৯. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৩
১১০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬
১১১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬
১১২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬
১১৩. সিলেট বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৩
১১৪. যশোর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬
১১৫. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬
১১৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬
১১৭. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬
১১৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৩
১১৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬
১২০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৩
১২১. সিলেট বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬
১২২. যশোর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬
১২৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬

সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা: পরীক্ষা ২০২৪ থেকে ২০২২ ..... ২৮৫-২৯৪
শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি ২৯৫-৩০৭
- ক্যাডেট কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ২৯৫
- শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ২৯৭

এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের উত্তরমালা: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি ৩০৮
পরিশিষ্ট ৩০৮
- বাছাইকৃত কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ২০২৫: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি ৩০৮

পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্র

সৃজনশীল রচনামূলক

বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ৩১০-৫৮৬

অধ্যায় ১ তাপগতিবিদ্যা

প্রশ্ন নং	বোর্ড / কলেজ	পৃষ্ঠা
■	বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ	৩১০
■	অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর	৩১০
১.	ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১	৩১০
২.	ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১	৩১১
৩.	রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬	৩১১
৪.	দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১	৩১২
৫.	দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮	৩১২
৬.	কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১	৩১৩
৭.	চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১	৩১৩
৮.	সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১	৩১৪
৯.	সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮	৩১৪
১০.	যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১	৩১৫
১১.	বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১	৩১৫
১২.	ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩১৬
১৩.	ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫	৩১৭
১৪.	ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩১৭
১৫.	রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩১৭
১৬.	দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩১৮
১৭.	দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮	৩১৮
১৮.	কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩১৯
১৯.	চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩১৯
২০.	সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩২০
২১.	যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩২০
২২.	বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ১	৩২১
২৩.	ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২১
২৪.	ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২২
২৫.	ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮	৩২২
২৬.	রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২৩
২৭.	দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২৩
২৮.	কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২৪
২৯.	কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮	৩২৫
৩০.	চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২৫
৩১.	সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২৬
৩২.	সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ২	৩২৬
৩৩.	যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২৭
৩৪.	যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ২	৩২৭
৩৫.	বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১	৩২৮
৩৬.	দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ১, কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ১	৩২৯
৩৭.	চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩	৩৩০
৩৮.	যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ১	৩৩০
৩৯.	যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১	৩৩১
৪০.	সিলেট বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬; বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১	৩৩১
৪১.	মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ১	৩৩১
৪২.	মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ২	৩৩২
৪৩.	রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭	৩৩২
৪৪.	জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ১	৩৩২
৪৫.	রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ১	৩৩৩
৪৬.	রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭	৩৩৩
৪৭.	কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ১	৩৩৩
৪৮.	ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ১	৩৩৪
৪৯.	ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ২	৩৩৪
৫০.	বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ১	৩৩৫
৫১.	বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ২	৩৩৫
৫২.	রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১	৩৩৬
৫৩.	নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১	৩৩৬
৫৪.	আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৩	৩৩৬
৫৫.	ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬	৩৩৭
৫৬.	হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১	৩৩৭
৫৭.	হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ২	৩৩৮
৫৮.	ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ১	৩৩৯
৫৯.	ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ১	৩৩৯
৬০.	আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১	৩৪০
৬১.	ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ১	৩৪০
৬২.	সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১	৩৪১
৬৩.	সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা । প্রশ্ন নং ২	৩৪১
৬৪.	সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫	৩৪১
৬৫.	সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১	৩৪২
৬৬.	সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫	৩৪২
৬৭.	বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮	৩৪২
৬৮.	শহিদ বীর-উত্তম লে. আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১	৩৪৩
৬৯.	গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ । প্রশ্ন নং ১	৩৪৩
৭০.	আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ১	৩৪৩
৭১.	নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ১	৩৪৪
৭২.	শহীদ সৈয়দ নজরুল ইসলাম কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ১	৩৪৪
৭৩.	সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর । প্রশ্ন নং ২	৩৪৪

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৭৪. রাজশাহী কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৫
৭৫. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর। প্রশ্ন নং ৩ ৩৪৫
৭৬. ফরিদ আহমেদ ভুইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৬
৭৭. ফরিদ আহমেদ ভুইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর। প্রশ্ন নং ২ ৩৪৬
৭৮. সরকারি জিয়া মহিলা কলেজ, ফেনী। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৭
৭৯. চট্টগ্রাম কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৭
৮০. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৭
৮১. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৮
৮২. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৮
৮৩. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৯
৮৪. ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৯
৮৫. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট। প্রশ্ন নং ১ ৩৪৯
৮৬. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট। প্রশ্ন নং ৪ ৩৫০
৮৭. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা। প্রশ্ন নং ১ ৩৫১
৮৮. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা। প্রশ্ন নং ২ ৩৫১
৮৯. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ৩৫১
৯০. সরকারি বরিশাল কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য internet linked
৯১. ঢাকা বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
৯২. ঢাকা বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৫ ৩৫২
৯৩. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
৯৪. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ৩৫২
৯৫. রাজশাহী বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
৯৬. রাজশাহী বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৭ ৩৫২
৯৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৪ ৩৫২
৯৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ৩৫২
৯৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১০০. সিলেট বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ৩৫২
১০১. সিলেট বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১০২. যশোর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১০৩. যশোর বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ৬ ৩৫২
১০৪. বরিশাল বোর্ড ২০২১। প্রশ্ন নং ২ ৩৫২
১০৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১০৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১০৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১০৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১০৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১০. সিলেট বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১১. বরিশাল বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১২. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট বোর্ড ২০১৮। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১৩. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম, যশোর ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৮ ৩৫২
১১৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১১৯. সিলেট বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ২ ৩৫২
১২০. বরিশাল বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ৮ ৩৫২
১২১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১২২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১২৩. যশোর বোর্ড ২০১৬। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১২৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১২৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২
১২৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ২ ৩৫২
১২৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ৩ ৩৫২
১২৮. যশোর বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ২ ৩৫২
১২৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৫। প্রশ্ন নং ১ ৩৫২

অধ্যায় ২ স্থির তড়িৎ

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ৩৫৩
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩৫৩
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ ৩৫৩
২. ঢাকা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৩ ৩৫৪
প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ
৩. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
৪. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৪ [illegible]
৫. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৭ [illegible]
৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ৪ [illegible]
৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
৯. সিলেট বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১০. যশোর বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১১. বরিশাল বোর্ড ২০২৪। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১২. ঢাকা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১৩. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১৪. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৮ [illegible]
১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
১৯. সিলেট বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
২০. সিলেট বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৬ [illegible]
২১. যশোর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
২২. যশোর বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৩ [illegible]
২৩. বরিশাল বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ২ [illegible]
২৪. বরিশাল বোর্ড ২০২৩। প্রশ্ন নং ৫ [illegible]
২৫. ঢাকা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২, রাজশাহী বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ৩৬৮
২৬. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ৩৬৯
২৭. রাজশাহী বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৭ ৩৭০
২৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ৩৭০
২৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৩ ৩৭১
৩০. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ৩৭২
৩১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ৩৭২
৩২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৮ ৩৭৩
৩৩. সিলেট বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৩ ৩৭৩
৩৪. যশোর বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৩ ৩৭৩
৩৫. বরিশাল বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ২ ৩৭৪
৩৬. বরিশাল বোর্ড ২০২২। প্রশ্ন নং ৪ ৩৭৪
৩৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯। প্রশ্ন নং ২ ৩৭৫
৩৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ২ ৩৭৫
৩৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭। প্রশ্ন নং ২ ৩৭৬
৪০. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল। প্রশ্ন নং ৩ ৩৭৭
৪১. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ৩৭৭
৪২. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৬ ৩৭৭
৪৩. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ৩৭৮
৪৪. রংপুর ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৩ ৩৭৮
৪৫. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ৩৭৯
৪৬. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম। প্রশ্ন নং ২ ৩৭৯
৪৭. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ১ ৩৮০
৪৮. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ। প্রশ্ন নং ৩ ৩৮০
৪৯. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ ৩৮০
৫০. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ ৩৮১
৫১. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৪ ৩৮১
৫২. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৭ ৩৮২
৫৩. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ৩৮৩
৫৪. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ৩৮৩
৫৫. ঢাকা কলেজ। প্রশ্ন নং ৩ ৩৮৪
৫৬. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ২ ৩৮৪
৫৭. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৩ ৩৮৫
৫৮. ঢাকা সিটি কলেজ। প্রশ্ন নং ২ ৩৮৬
৫৯. সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৪ ৩৮৬
৬০. সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৪ ৩৮৭
৬১. সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা। প্রশ্ন নং ৭ ৩৮৭
৬২. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী। প্রশ্ন নং ২ ৩৮৮
৬৩. সরকারি সারদা সুন্দরী মহিলা কলেজ, ফরিদপুর। প্রশ্ন নং ২ ৩৮৮
৬৪. নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ। প্রশ্ন নং ২ ৩৮৮
৬৫. সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর। প্রশ্ন নং ৪ ৩৮৯

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৬৬. সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর । প্রশ্ন নং ৭ ৩৯০
৬৭. রাজশাহী কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯০
৬৮. রাজশাহী কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ৩৯১
৬৯. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর । প্রশ্ন নং ৬ ৩৯১
৭০. কুমিল্লা ভিক্টোরিয়া সরকারি কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯১
৭১. ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর । প্রশ্ন নং ৩ ৩৯২
৭২. ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর । প্রশ্ন নং ৭ ৩৯২
৭৩. আশুগঞ্জ সার কারখানা কলেজ, ব্রাহ্মণবাড়িয়া । প্রশ্ন নং ২ ৩৯২
৭৪. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯২
৭৫. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৩
৭৬. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৩
৭৭. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৪
৭৮. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৫
৭৯. বাংলাদেশ মহিলা সমিতি বালিকা উচ্চ বিদ্যালয় ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৫
৮০. বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৫
৮১. বান্দরবান ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৩৯৬
৮২. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৬
৮৩. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৩ ৩৯৬
৮৪. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ৩ ৩৯৭
৮৫. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৭
৮৬. সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৮
৮৭. অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৮
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য Internet-linked
৮৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ ৩৯৮
৮৯. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪ ৩৯৮
৯০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৮
৯১. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৩ ৩৯৮
৯২. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৫ ৩৯৮
৯৩. ঢাকা, দিনাজপুর ও সিলেট বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৩ ৩৯৮
৯৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
৯৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৮
৯৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৮
৯৭. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
৯৮. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ ৩৯৮
৯৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
১০০. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৮
১০১. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
১০২. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
১০৩. যশোর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৮
১০৪. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ ৩৯৮
১০৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৩ ৩৯৮
১০৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
১০৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
১০৮. সিলেট বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
১০৯. যশোর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১ ৩৯৮
১১০. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ২ ৩৯৮

অধ্যায় ৩ চল তড়িৎ

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ৩৯৯
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩৯৯
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ৩৯৯
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০০
৩. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ৪০০
৪. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১ ৪০১
৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০১
৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০২
৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ৪০২
৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৩
৯. সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৩
১০. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৪
১১. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ৪০৫
প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
১২. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৫
১৩. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৩, ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪ ৪০৫
১৪. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৬
১৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৭
১৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৭
১৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৮
১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪ ৪০৮
১৯. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪ ৪০৯
২০. যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪ ৪০৯
২১. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৩ ৪০৯
২২. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩ ৪১০
২৩. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩ ৪১১
২৪. রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩ ৪১১
২৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪ ৪১২
২৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩ ৪১৩
২৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ ৪১৩
২৮. সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪ ৪১৪
২৯. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪ ৪১৫
৩০. বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩ ৪১৫
৩১. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২ ৪১৫
৩২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩ ৪১৬
৩৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২ ৪১৬
৩৪. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩ ৪১৭
৩৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২ ৪১৭
৩৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩ ৪১৮
৩৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ৪১৯
৩৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ৪১৯
৩৯. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২ ৪২০
৪০. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ ৪২০
৪১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪ ৪২০
৪২. সিলেট বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৩ ৪২১
৪৩. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৩ ৪২১
৪৪. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৪ ৪২২
৪৫. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ৪২২
৪৬. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ৪২৩
৪৭. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ৪২৩
৪৮. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ৪২৪
৪৯. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ৪২৪
৫০. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৩ ৪২৫
৫১. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ৪২৫
৫২. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ৪২৬
৫৩. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৩ ৪২৬
৫৪. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৩ ৪২৭
৫৫. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১ ৪২৮
৫৬. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১ ৪২৮
৫৭. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ২ ৪২৯
৫৮. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪ ৪২৯
৫৯. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ৪৩০
৬০. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ২ ৪৩০
৬১. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪ ৪৩১
৬২. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ৪৩১
৬৩. সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৩ ৪৩২
৬৪. সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ ৪৩৩
৬৫. সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ১ ৪৩৩
৬৬. সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৩ ৪৩৪
৬৭. সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪ ৪৩৫
৬৮. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৫ ৪৩৫
৬৯. নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৩ ৪৩৬
৭০. সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর । প্রশ্ন নং ১ ৪৩৬
৭১. রাজশাহী কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ৪৩৭
৭২. বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ৪৩৮
৭৩. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর । প্রশ্ন নং ৭ ৪৩৮
৭৪. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর । প্রশ্ন নং ৮ ৪৩৯

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৭৫. সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৩৯
৭৬. ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৪৪০
৭৭. ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৪৪০
৭৮. সরকারি জিয়া মহিলা কলেজ, ফেনী । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪০
৭৯. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪০
৮০. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৪৪১
৮১. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪১
৮২. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪২
৮৩. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৪৩
৮৪. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৩
৮৫. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৪৪৩
৮৬. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৪
৮৭. বান্দরবান ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৪
৮৮. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৪৪৫
৮৯. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৪৫
৯০. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৬
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য ..... Internet linked
৯১. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৪৪৬
৯২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৪৬
৯৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৪৪৬
৯৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
৯৫. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৬
৯৬. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৪৬
৯৭. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৪৪৬
৯৮. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৬
৯৯. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১০০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১০১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৬
১০২. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১০৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১০৪. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট, বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১০৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১০৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৬
১০৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৬
১০৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৪৪৬
১০৯. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৪৪৬
১১০. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৪৪৬
১১১. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১১২. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৪৪৬
১১৩. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১১৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১১৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১১৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬
১১৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৪৪৬
১১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৪৬
১১৯. সিলেট বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৬

অধ্যায় ৭ ভৌত আলোকবিজ্ঞান

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ৪৪৭
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪৪৭
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৪৪৭
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৪৪৮
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৮
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ২ ..... ৪৪৯
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৪৯
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৫০
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৫০
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৫১
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৫১
১০. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৫২
১১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫, দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৪৫২
প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ
১২. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪
১৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪
১৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫
১৫. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৩
১৬. যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫
১৭. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৪
১৮. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪, রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪
১৯. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪
২০. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫
২১. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪
২২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩
২৩. সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫
২৪. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫
২৫. বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮
২৬. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩
২৭. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫
২৮. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪, দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬
২৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫
৩০. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫
৩১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৫
৩২. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৫
৩৩. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৪
৩৪. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৪
৩৫. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫
৩৬. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬
৩৭. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৪
৩৮. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৫
৩৯. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮
৪০. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫
৪১. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪
৪২. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪
৪৩. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫
৪৪. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮
৪৫. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫
৪৬. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ৪
৪৭. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৪
৪৮. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৫
৪৯. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫
৫০. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৭
৫১. সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ২
৫২. সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬
৫৩. বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪
৫৪. ঢাকা কমার্স কলেজ । প্রশ্ন নং ৪
৫৫. মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫
৫৬. রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, গাজীপুর । প্রশ্ন নং ৭
৫৭. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৮
৫৮. নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৪
৫৯. সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর । প্রশ্ন নং ৫
৬০. রাজশাহী কলেজ । প্রশ্ন নং ৫
৬১. সরকারি এডওয়ার্ড কলেজ, পাবনা । প্রশ্ন নং ৮
৬২. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর । প্রশ্ন নং ৫
৬৩. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৪
৬৪. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৪
৬৫. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭
৬৬. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৪
৬৭. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৪
৬৮. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৮
৬৯. ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৪
৭০. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৬
৭১. হবিগঞ্জ সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৪

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৭২. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৭৯
৭৩. বাগেরহাট সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৭৯
৭৪. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৮০
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য .... Internet linked
৭৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৮০
৭৬. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮০
৭৭. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮০
৭৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮০
৭৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৮০
৮০. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৮০
৮১. ঢাকা, দিনাজপুর ও সিলেট বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৮০
৮২. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম, যশোর ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৭ .... ৪৮০
৮৩. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৩ .... ৪৮০
৮৪. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮০
৮৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৮০
৮৬. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮০
৮৭. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ২ .... ৪৮০
৮৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ২ .... ৪৮০

অধ্যায় ৮ আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ৪৮১
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪৮১
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮১
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮১
৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮২
৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮২
৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৩
৬. সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৩
৭. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৪
৮. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৪
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ .... ৪৮৪
১০. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮৫
১১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮৫
১২. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৬
১৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮৬
১৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৬
১৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৭
১৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮৭
১৭. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৮
১৮. যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮৮
১৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৮৮
২০. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৯
২১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৮৯
২২. রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৯০
২৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৯০
২৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৯১
২৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৯১
২৬. সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৯২
২৭. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৯২
২৮. বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ .... ৪৯৩
২৯. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৯৩
৩০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৯৪
৩১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ .... ৪৯৪
৩২. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৯৫
৩৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ .... ৪৯৫
৩৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৯৫
৩৫. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৯৬
৩৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৪৯৬
৩৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৯৭
৩৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৪৯৭
৩৯. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৬ .... ৪৯৮
৪০. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ২ .... ৪৯৮

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৪১. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ .... ৪৯৯
৪২. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ .... ৪৯৯
৪৩. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৫০০
৪৪. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ .... ৫০০
৪৫. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫০০
৪৬. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৪ .... ৫০১
৪৭. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৮ .... ৫০১
৪৮. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ .... ৫০২
৪৯. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫০২
৫০. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫০২
৫১. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫০২
৫২. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫০৩
৫৩. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫০৩
৫৪. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫০৪
৫৫. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ২ .... ৫০৪
৫৬. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৩ .... ৫০৫
৫৭. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫০৫
৫৮. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ .... ৫০৬
৫৯. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫০৬
৬০. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫০৬
৬১. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ .... ৫০৭
৬২. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫০৭
৬৩. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৫০৮
৬৪. সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ .... ৫০৮
৬৫. সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ .... ৫০৯
৬৬. সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ২ .... ৫০৯
৬৭. সরকারি তোলারাম কলেজ, নারায়ণগঞ্জ । প্রশ্ন নং ২ .... ৫০৯
৬৮. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৪ .... ৫০৯
৬৯. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৭ .... ৫১০
৭০. নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫১০
৭১. নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১০
৭২. সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১১
৭৩. রাজশাহী কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১১
৭৪. সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১২
৭৫. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর । প্রশ্ন নং ৪ .... ৫১২
৭৬. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ .... ৫১২
৭৭. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫১৩
৭৮. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৩
৭৯. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫১৪
৮০. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৪
৮১. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৫
৮২. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫১৫
৮৩. চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন আন্তঃকলেজ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৬
৮৪. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৭ .... ৫১৬
৮৫. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৬
৮৬. সরকারি কেশব চন্দ্র কলেজ, ঝিনাইদহ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৭
৮৭. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫১৭
৮৮. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৮
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য .... Internet linked
৮৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৫১৮
৯০. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৫১৮
৯১. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৮
৯২. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৩ .... ৫১৮
৯৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৮
৯৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮ .... ৫১৮
৯৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৩ .... ৫১৮
৯৬. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ .... ৫১৮
৯৭. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ .... ৫১৮
৯৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৮
৯৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৮
১০০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৮
১০১. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ .... ৫১৮
১০২. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৫ .... ৫১৮
১০৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৪ .... ৫১৮

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
১০৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ ৫১৮
১০৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ৫১৮
১০৬. সিলেট বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ২ ৫১৮
১০৭. সিলেট বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৩ ৫১৮
১০৮. যশোর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ৫১৮
১০৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ২ ৫১৮
১১০. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ৫১৮
১১১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ৫১৮
১১২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬ ৫১৮
১১৩. সিলেট বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ৫১৮
১১৪. যশোর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ৫১৮
১১৫. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ৫১৮

অধ্যায় ৯ পরমাণুর মডেল এবং নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ৫১৯
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫১৯
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ৫১৯
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ৫২০
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ ৫২০
৪. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ৫২১
৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫ ৫২১
৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ৫২২
৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ৫২২
৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ৫২৩
৯. সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ৫২৩
১০. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ৫২৪
১১. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬ ৫২৪
১২. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭, দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ৫২৫
১৩. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৩ ৫২৫
১৪. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ৫২৬
১৫. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং.৭ ৫২৬
১৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬ ৫২৭
১৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ৫২৮
১৮. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ৫২৮
১৯. যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ৫২৯
২০. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ৫২৯
২১. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬, রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ৫২৯
২২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ৫৩০
২৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩০
২৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ৫৩১
২৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩১
২৬. সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩১
২৭. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩২
২৮. বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬ ৫৩২
২৯. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৩ ৫৩৩
৩০. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩৩
৩১. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৩ ৫৩৪
৩২. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩৪
৩৩. ময়মনসিংহ গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৩৫
৩৪. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৩৫
৩৫. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৩৫
৩৬. রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৩৫
৩৭. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৩৬
৩৮. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩৬
৩৯. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬ ৫৩৭
৪০. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩৭
৪১. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩৮
৪২. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩৮
৪৩. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ৫৩৯
৪৪. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ৫৩৯
৪৫. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪ ৫৪০
৪৬. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ৫৪০
৪৭. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪১
প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৪৮. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪২
৪৯. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪২
৫০. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৩ ৫৪৩
৫১. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৪৩
৫২. সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ৫৪৩
৫৩. সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ৫৪৪
৫৪. সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৩ ৫৪৪
৫৫. আইডিয়াল কলেজ, ধানমন্ডি, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪৪
৫৬. বেগম বদরুন্নেসা সরকারি মহিলা কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪৫
৫৭. জাতির জনক বঙ্গবন্ধু শেখ মুজিবুর রহমান সরকারি মহাবিদ্যালয়, উত্তরা, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ৫৪৫
৫৮. প্রেসিডেন্ট প্রফেসর ড. ইয়াজউদ্দিন আহম্মেদ রেসিডেন্সিয়াল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, মুন্সিগঞ্জ । প্রশ্ন নং ২ ৫৪৫
৫৯. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৩ ৫৪৬
৬০. সরকারি রাজেন্দ্র কলেজ, ফরিদপুর । প্রশ্ন নং ৫ ৫৪৬
৬১. নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪৬
৬২. সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর । প্রশ্ন নং ৩ ৫৪৭
৬৩. শেরপুর সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৪৭
৬৪. রাজশাহী কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪৭
৬৫. বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪৮
৬৬. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর । প্রশ্ন নং ২ ৫৪৮
৬৭. ফরিদ আহমেদ ভুইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর । প্রশ্ন নং ৪ ৫৪৯
৬৮. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৪৯
৬৯. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৪৯
৭০. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৮ ৫৫০
৭১. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬ ৫৫০
৭২. ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬ ৫৫১
৭৩. হাজেরা-তজু ডিগ্রি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬ ৫৫১
৭৪. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫২
৭৫. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫২
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য Internet linked
৭৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৫২
৭৭. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫২
৭৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫২
৭৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫২
৮০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৫২
৮১. সিলেট বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২ ৫৫২
৮২. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ ৫৫২
৮৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫২
৮৪. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫২
৮৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫২
৮৬. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৫২
৮৭. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ ৫৫২
৮৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৪ ৫৫২
৮৯. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬ ৫৫২
৯০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৫২
৯১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৫২
৯২. যশোর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬ ৫৫২
৯৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৫২
৯৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ ৫৫২
৯৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬ ৫৫২
৯৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৫২
৯৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৫২
৯৮. সিলেট বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ৫৫২

অধ্যায় ১০ সেমিকন্ডাক্টর ও ইলেক্ট্রনিক্স

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ ৫৫৩
■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫৫৩
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৫৩
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৫৪
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩ ৫৫৪
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ৫৫৫
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৫৫
৬: চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮ ৫৫৫

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৫৬
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৫৬
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৫৭
১০. ঢাকা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৫৭
১১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৫৮
১২. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৫৮
১৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৫৯
১৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৫৯
১৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৫৯
১৬. সিলেট বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬০
১৭. যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬০
১৮. বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬১
১৯. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৬১
২০. ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬১
২১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৬২
২২. রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬৩
২৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬৩
২৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৬৩
২৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৫৬৪
২৬. সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬৪
২৭. যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬৫
২৮. বরিশাল বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৫৬৫
২৯. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৬৬
৩০. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৬৬
৩১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৬৭
৩২. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৬৮
৩৩. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৬৮
৩৪. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৬৯
৩৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৬৯
৩৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৫৭০
৩৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৭০
৩৮. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭১
৩৯. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭১
৪০. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৭১
৪১. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৪ ..... ৫৭১
৪২. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭২
৪৩. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭২
৪৪. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭২
৪৫. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৭৩
৪৬. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৭৪
৪৭. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৫৭৪
৪৮. ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৭৫
৪৯. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭৬
৫০. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭৬
৫১. ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৭৬
৫২. সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭৭
৫৩. সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৭৭
৫৪. সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭৭
৫৫. শহিদ বীর-উত্তম লে. আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭৮
৫৬. মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭৮
৫৭. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৭৮

প্রশ্ন নং বোর্ড / কলেজ পৃষ্ঠা
৫৮. নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭৯
৫৯. সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৭৯
৬০. রাজশাহী কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮০
৬১. বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮০
৬২. সরকারি এডওয়ার্ড কলেজ, পাবনা । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৫৮১
৬৩. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর । প্রশ্ন নং ১ ..... ৫৮১
৬৪. ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষ্মীপুর । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৫৮২
৬৫. চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৮২
৬৬. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮২
৬৭. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৩
৬৮. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৩
৬৯. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৩
৭০. ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৪
৭১. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৪
৭২. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৪
৭৩. বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ, যশোর । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৫
৭৪. সরকারি হোসেন শহীদ সোহরাওয়ার্দী কলেজ, মাগুরা । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৫
৭৫. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৫
■ আরও বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তরের জন্য ..... Internet-linked
৭৬. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৬
৭৭. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৭৮. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৭৯. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৮০. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩ ..... ৫৮৬
৮১. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৬
৮২. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৮৩. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৮৪. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৮৫. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৫৮৬
৮৬. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৮৭. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৮৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৮৯. সিলেট বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৬
৯০. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৯১. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৯২. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম, যশোর ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৫৮৬
৯৩. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৮৬
৯৪. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৯৫. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৫৮৬
৯৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৮ ..... ৫৮৬
৯৭. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৬
৯৮. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৭ ..... ৫৮৬
৯৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৮৬
১০০. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৮৬
১০১. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ ..... ৫৮৬
১০২. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৮৬
১০৩. সিলেট বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৮৬
১০৪. যশোর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৮৬
১০৫. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৬ ..... ৫৮৬

সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা: পরীক্ষা ২০২৪ থেকে ২০২২ ..... ৫৮৭-৫৯৫
শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি ৫৯৬-৬০৭
  ক্যাডেট কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ৫৯৬
  শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ৫৯৮
এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের উত্তরমালা: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি ৬০৮
পরিশিষ্ট ৬০৮
  বাছাইকৃত কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ২০২৫: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি ৬০৮

একনজরে বোর্ড ও কলেজভিত্তিক প্রশ্নোত্তর বিন্যাস

শিক্ষার্থী বন্ধুরা, এ অংশে বোর্ড ও কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নপত্রের ক্রমিক নম্বরের ধারাবাহিকতায় প্রতিটি প্রশ্নের উত্তর পৃষ্ঠা নম্বর উল্লেখসহ ছক আকারে দেওয়া হয়েছে। তোমরা চাইলে এ ছক অনুসরণ করে প্রশ্নপত্রের ধারাবাহিকতায় উত্তর অনুশীলন করতে পারো।

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪	১	২৫
	২	২৬
	৩	১১১
	৪	৭৫
	৫	১৫১
	৬	২৪৯
	৭	২০৯
	৮	১৮৩
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪	১	২৬
	২	৭৫
	৩	১১২
	৪	১৫১
	৫	১৮৩
	৬ ★	২০৯
	৭	২৫০
	৮	২৭
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪	১	২৭
	২	৭৬
	৩	১১২
	৪	২৮
	৫	১৫২
	৬	১৮৪
	৭	২১০
	৮	২৫০
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪	১	২৮
	২	১৮৪
	৩	১১৩
	৪	৭৭
	৫	২১১
	৬	২৯
	৭	১৫২
	৮	২৫১
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪	১	৩০
	২	৭৭
	৩	১১৩
	৪	১৫৩
	৫	৩০
	৬	২১১
	৭	১৮৪
	৮	২৫১
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪	১	৩১
	২	৭৭
	৩	১১৪
	৪	১৫৩
	৫	১৮৫
	৬	২১২
	৭	২৫১
	৮	৩১
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪	১	৩২
	২	৭৭
	৩	১৫৪
	৪	১১৩
	৫	১৮৫
	৬	৭৮
	৭	২১২
	৮	২৫২
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪	১	৩২
	২	১১৪
	৩	৭৮
	৪ ★	২১৩
	৫	১৫৪
	৬	১৮৬
	৭	২১৩
	৮	২৫২
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪	১	৩৩
	২	২৫৩
	৩	৭৯
	৪	২৫৩
	৫	১৫৫
	৬	২১৪
	৭	১৮৬
	৮	১১৫
১০. ঢাকা বোর্ড ২০২৩	১	৩৩
	২	৭৯
	৩	১১৫
	৪ ★	১১৫
	৫	১৮৭
	৬	২১৪
	৭	২৫৪
	৮	৩৪
১১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩	১	৩৪
	২	১১৬
	৩	৭৯
	৪	১৫৫
	৫ ★	৮০
	৬	২১৫
	৭	১৮৭
	৮	২৫৪
১২. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩	১	৩৫
	২	৮০
	৩	১১৬
	৪	১৫৬
	৫	১৮৮
	৬	২১৫
	৭	২৫৫
	৮ ★	৮১
১৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩	১	৩৪
	২	১১৭
	৩	৮১
	৪	৩৫
	৫	১৮৮
	৬ ★	২১৬
	৭	১৫৬
	৮	২৫৪
১৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩	১	৩৬
	২	৮২
	৩ ★	১১৭
	৪	১৫৭
	৫	১৮৮
	৬ ★	২১৬
	৭	২৫৬
	৮	২১৭
১৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩	১	৩৬
	২	৮২
	৩	৮৩
	৪	১১৮
	৫	১৫৭
	৬	১৮৯
	৭	২১৭
	৮	২৫৬
১৬. সিলেট বোর্ড ২০২৩	১	৩৬
	২	৮৩
	৩	১১৮
	৪	১৫৮
	৫	১৮৯
	৬	২১৮
	৭	২৫৬
	৮	২৫৭
১৭. যশোর বোর্ড ২০২৩	১	৩৭
	২	৮৪
	৩	১৫৮
	৪	১৫৯
	৫	১৮৯
	৬ ★	১১৯
	৭	২৫৭
	৮	২৫৮
১৮. বরিশাল বোর্ড ২০২৩	১	৩৮
	২	৮৪
	৩	৮৫
	৪	১২০
	৫	১৫৯
	৬	১৯০
	৭	২১৮
	৮	২৫৮
১৯. ঢাকা বোর্ড ২০২২	১	৩৮
	২	৮৫
	৩	১২০
	৪	১৬০
	৫	১৯০
	৬	২১৯
	৭	২৫৯
	৮	৩৮
২০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২	১	৩৯
	২	৮৫
	৩	৪০
	৪	১২১
	৫	১৬০
	৬ ★	১৯১
	৭ ★	২১৯
	৮	২৫৯

★চিহ্নিত প্রশ্ন নম্বর সমন্বিত অধ্যায়ের প্রশ্ন

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
২১. রাজশাহী বোর্ড ২০২২	১	৪০
	২	৮৬
	৩	৪১
	৪	১২১
	৫	১৬১
	৬	১৯১
	৭	২২০
	৮	২৬০
২২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২	১	৪১
	২	৪২
	৩	৮৬
	৪	১৯১
	৫	১২২
	৬	১৬১
	৭ ★	২২০
	৮	২৬০
২৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২	১	৪২
	২	৮৬
	৩	১২২
	৪ ★	১৬১
	৫	১৯২
	৬ ★	২২২
	৭	২৬০
	৮	৪৩
২৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২	১	৪৩
	২	৪৩
	৩	৮৭
	৪	১২২
	৫	১৬২
	৬ ★	১৯২
	৭	২২১
	৮	২৬১
২৫. সিলেট বোর্ড ২০২২	১	৪৪
	২	৪৫
	৩	৮৭
	৪	১২৩
	৫	১৬২
	৬	১৯৩
	৭	২২১
	৮	২৬১
২৬. যশোর বোর্ড ২০২২	১	৪৫
	২	৮৮
	৩	১২০
	৪	১৬৩
	৫	২২২
	৬	১৯৩
	৭	২৬২
	৮	২৬২
২৭. বরিশাল বোর্ড ২০২২	১	৪৬
	২	৮৮
	৩	২২২
	৪	১৬৩
	৫	১৯৪
	৬	২৬২
	৭ ★	১২৪
	৮	৪৬
২৮. ঢাকা বোর্ড ২০২১	৩	১২৪
	৫	২৬৩
২৯. রাজশাহী বোর্ড ২০২১	১	৪৭
	২	৮৯
	৭	১২৫
৩০. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১	২	৮৯
	৬	১২৬
	৭	৯০
৩১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১	৭	২২৩
	৮	২৬৩
৩২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১	১	৪৭
	৪	৯০
	৬	২২৩
৩৩. সিলেট বোর্ড ২০২১	১	৪৮
	৭ ★	৯১
৩৪. বরিশাল বোর্ড ২০২১	১	৪৮
	৪	১২৬
	৫	২৬৪
	৮	৯১
৩৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৯	১	৪৯
	৬	১৯৪
৩৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯	২	২৬৪
	৩	১২৭
৩৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯	১	৪৯
৩৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯	৩	১২৭
৩৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯	৪	১৬৪
৪০. সিলেট বোর্ড ২০১৯	১	৫০
	৬	১২৮
৪১. যশোর বোর্ড ২০১৯	৮	২৬৪
৪২. বরিশাল বোর্ড ২০১৯	৬	১৯৫
৪৩. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮	৬	১৬৪
৪৪. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮	৩	১৬৪
৪৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৭	১	৫০
	৪	১৬৫
৪৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭	৪	২২৪
৪৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭	৬	২৬৫
	৮	২২৪
৪৮. সিলেট বোর্ড ২০১৭	৭	১৬৫
৪৯. ঢাকা বোর্ড ২০১৫	৫	১৬৬
৫০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫	১	৫১
	৬	১৯৫
৫১. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল	১	৫১
	২★	১২৮
	৩★	১২৯
	৪	১৯৫
	৫	২২৫
	৬	২৬৫
	৭	১২৯
	৮	১৬৬
৫২. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ	১	৫২
	২	৯২
	৩★	১২৯
	৪	১৬৭
	৫	১৯৬
	৬★	২২৫
	৭	২৬৬
	৮	৯২
৫৩. পাবনা ক্যাডেট কলেজ	১	৫২
	২	২৬৬
	৩	১৯৬
	৪	৯২
	৫	২৬৭
	৬	১৬৭
	৭	২২৬
	৮★	১৩০
৫৪. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ	১	৫৩
	২	৯৩
	৩	১৩১
	৪	১৯৬
	৫	২২৬
	৬	২৬৮
	৭	১৬৭
	৮★	২২৬
৫৫. রংপুর ক্যাডেট কলেজ	১	৫৩
	২	২৬৮
	৩	২২৭
	৪	৯৩
	৫	১৩১
	৬	১৬৮
	৭	২৬৮
	৮★	২২৭
৫৬. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ	১	৫৪
	২	৯৪
	৩	৯৪
	৪	১৩১
	৫	১৬৮
	৬	১৯৭
	৭	২২৮
	৮ ★	২৬৯
৫৭. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ	১	১৩২
	২	৫৪
	৩	২২৮
	৪	৯৫
	৫	১৬৯
	৬	২৬৯
	৭	১৯৭
	৮	৫৫
৫৮. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ	১	৫৫
	২	৫৬
	৩	৯৫
	৪	১৩২
	৫	১৬৯
	৬	২২৯
	৭	১৯৮
	৮	২৬৯
৫৯. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা	১	৫৬
	২	৯৫
	৩	১৩৩
	৪	১৬৯
	৫	১৯৮
	৬	২২৯
	৭	২৭০
	৮	৫৬
৬০. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা	১	১৯৮
	২	৫৭
	৩	১৭০
	৪ ★	১৩৩
	৫	২২৯
	৬	২৭০
	৭ ★	১৩৪
	৮	১৩৫
৬১. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা	১	৪৪
	২	৪৮
	৩	৪৯
	৪ ★	১৯৯
	৫	২৩০
	৬	৫৭
	৭	২৭১
	৮	২৭১

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
৬২. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা	১	৫৮
	২	৫৮
	৩	৯৬
	৪	২৭২
	৫	১৭১
	৬	২৩০
	৭	১৯৯
	৮	১৩৬
৬৩. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা	১	৫৯
	২	৯৭
	৩	৯৭
	৪	১৩৭
	৫	১৭২
	৬	২০০
	৭ ★	২৩১
	৮	২৭২
৬৪. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ	১	৬০
	২	৬০
	৩	৯৮
	৪	১৩৮
	৫	১৭২
	৬	২০১
	৭ ★	২৩২
	৮	২৮৩
৬৫. ঢাকা কলেজ	১ ★	৪৮
	২	৫১
	৩	৪৩
	৪	২৭৩
	৫	৯৮
	৬	৫৯
	৭	৬০
	৮	১৩৮
৬৬. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা	১	৬১
	২	৬১
	৩	৯৮
	৪	১৩৯
	৫	১৭২
	৬	২০১
	৭	২৩৩
	৮	২৭৩
৬৭. বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা	১	৬১
	২	৬২
	৩	৪৯
	৪	২০২
	৫	২৩৩
	৬	২৭৪
	৭ ★	১৩৯
	৮	৯৯
৬৮. ঢাকা সিটি কলেজ	১	৬৩
	২	১০০
	৩	১০০
	৪	২৩৪
	৫	২৭৪
	৬	২০২
	৭	২৭৪
	৮	২৭৫
৬৯. বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা	১	৬৩
	২	১০১
	৩	১০১
	৪	১৪০
	৫	১৭৪
	৬	২০৩
	৭	২৩৫
	৮	২৭৫

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
৭০. বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা	১	৬৪
	২	১০২
	৩	১৪০
	৪	১৭৪
	৫	২০৩
	৬	২৩৫
	৭	২৩৫
	৮	২৭৫
৭১. ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ	১	৬৪
	২	১০২
	৩	১৪০
	৪	১৭৫
	৫	২০৩
	৬	২৩৫
	৭	২৭৬
	৮	২৭৬
৭২. মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা	২	১০২
	৪	১৪১
	৮	২৭৬
৭৩. বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা	৮	৬৫
৭৪. ঢাকা ক্যান্টনমেন্ট গার্লস পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ	৫	১৭৬
৭৫. আজিমপুর গভর্নমেন্ট গার্লস স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা	৫	১৭৬
৭৬. শহীদ পুলিশ স্মৃতি কলেজ, ঢাকা	৬	২০৪
৭৭. বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক কলেজ, ঢাকা	৭	২৭৭
৭৮. আইডিয়াল কলেজ, ধানমন্ডি, ঢাকা	৪	২০৩
৭৯. মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা	৭	২৭৭
	৮	৬৫
৮০. বেপজা পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা	৭	২৩৬
৮১. সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর	১	৬৫
	২	১০৩
	৩	১৪২
	৪	১০৩
	৫	১৭৭
	৬	২০৪
	৭	২৩৬
	৮	২৭৭
৮২. রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, গাজীপুর	৮	২৭৮
৮৩. মোহাম্মদ ইমারাত হোসেইন আরিফ কলেজ, কোনাবাড়ী, গাজীপুর	৬	২৩৬
৮৪. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী	১	২৩৬
	২	২০৪
	৩	১৭৭
	৪	৬৬
	৫	২৩৭
	৬	২৩৮
	৭	১০৪
	৮	২৭৮

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
৮৫. কিশোরগঞ্জ সরকারি মহিলা কলেজ	৩	১৪১
৮৬. ঘাটাইল ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, টাঙ্গাইল	৮	২০৫
৮৭. কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ	১ ★	১৭৭
	২	৬৬
	৩	১০৭
	৪	১৭৮
	৫	২০৭
	৬	১৪১
	৭ ★	২৩৮
	৮	২৭৮
৮৮. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ	১	৬৭
	২	১০৫
	৩	১৪২
	৪	১৭৮
	৫	২০৫
	৬	২৩১
	৭	২৭১
	৮	২৭১
৮৯. মুমিনুন্নিসা সরকারি মহিলা কলেজ, ময়মনসিংহ	৬	২৩১
৯০. রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ	১	৬৭
	২	৬৭
	৩	১০৬
	৪	১৪৩
	৫	১৭৮
	৬	২০৫
	৭	২৩৯
	৮	২৭৯
৯১. সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া	১	৬৮
	২	১৪৩
	৩	১৪৪
	৪	১৭৮
	৫	২০৬
	৬ ★	২৪০
	৭	২৪০
	৮	২৮০
৯২. শেরউড ইন্টারন্যাশনাল (প্রাঃ) স্কুল এ্যান্ড কলেজ, বগুড়া	৪	২৪০
৯৩. পল্লী উন্নয়ন একাডেমী ল্যাবরেটরী স্কুল এন্ড কলেজ, বগুড়া	৫	২৮০
৯৪. সরকারি এডওয়ার্ড কলেজ, পাবনা	৬	২৪১
৯৫. ইসলামিয়া সরকারি কলেজ, সিরাজগঞ্জ	১	৬৮
৯৬. কাদিরাবাদ ক্যান্টনমেন্ট স্যাপার কলেজ, নাটোর	৫	২০৬
৯৭. দিনাজপুর সরকারি কলেজ	১	৬৮
	২ ★	১৪৪
	৩	১৪৫
	৪	১৪৬
	৫ ★	২৪১
	৬	২০৬
	৭ ★	২৪২
	৮	২৮০
৯৮. কুড়িগ্রাম সরকারি কলেজ	৭	২৪২

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
৯৯. সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর	৮	৬৯
১০০. সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা	১	২৪২
	২	৬৯
	৩	১০৬
	৪	১৪৬
	৫	২৮১
	৬	২০৭
	৭	৬৯
	৮	১৭৯
১০১. কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ	১	৬৯
	২	১০৬
১০২. ব্রাহ্মণবাড়িয়া সরকারি মহিলা কলেজ	১	২৪৩
১০৩. ড্যাফোডিল ইন্টারন্যাশনাল কলেজ, চাঁদপুর	১	৭০
	৪	১৪৬
	৭	২৪৩
১০৪. চট্টগ্রাম কলেজ	১	৭০
	২	১৭৯
	৩ ★	২৪৩
	৪	২৪৪
	৫	১০৬
	৬	১৪৭
	৭	১০৭
	৮	২৮১
১০৫. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম	১	৭১
	২	১০৮
	৩ ★	১৪৭
	৪	১৮০
	৫ ★	১৪৮
	৬	২৪৫
	৭ ★	২৪৫
	৮	২৮২
১০৬. বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম	১	৭১
	২	১০৮
	৩	১৪৯
	৪	১৮১
	৫	২০৭
	৬	২৪৬
	৭	২৪৬
	৮	২৮২
১০৭. ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম	২	১০৯
১০৮. চিটাগাং ইউরিয়া ফার্টিলাইজার কলেজ, চট্টগ্রাম	৮	২৮২
১০৯. সিএমপি স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম	৫	২০৭
১১০. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম	৩	২৪৭
১১১. জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট	১	৭২
	২	৭২
	৩	১০৯
	৪	১৪৯
	৫	১৮১
	৬	২০৮
	৭	২৪৭
	৮	২৮৩
১১২. বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ শমশেরনগর, মৌলভীবাজার	৩	২৮৩
১১৩. বৃন্দাবন সরকারি কলেজ, হবিগঞ্জ	১	২৪
১১৪. সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট	১	২৪৮
	২	১৮২
	৩	১৪৯
	৪	১৫০
	৫	১১০
	৬	৭৩
	৭	৭৩
	৮	২৮৪
১১৫. সরকারি নুরুননাহার মহিলা কলেজ, ঝিনাইদহ	৫	১৮২
১১৬. যশোর শিক্ষা বোর্ড মডেল স্কুল এন্ড কলেজ	৪	২০৮
১১৭. মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ	৭	৭৪
১১৮. বরগুনা সরকারি মহিলা কলেজ	৫	১৮২
১১৯. ভোলা সরকারি কলেজ	৫	২০৮

পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্র

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
১. ঢাকা বোর্ড ২০২৪	১	৩১০
	২	৩৫৫
	৩	৩৫৪
	৪	৩৯৯
	৫	৪৪৭
	৬	৪৮১
	৭	৫১৯
	৮	৫৫৩
২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪	১	৩১১
	২	৩৫৪
	৩	৪০০
	৪	৪০০
	৫	৪৪৮
	৬	৪৮১
	৭	৫২০
	৮	৫৫৪
৩. রাজশাহী বোর্ড ২০২৪	১	৪০১
	২	৪৪৮
	৩	৫৫৪
	৪	৩৫৫
	৫	৫২০
	৬	৩১১
	৭	৩৫৬
	৮	৫২১
৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪	১	৩১২
	২	৪৪৯
	৩	৪০১
	৪	৩৫৬
	৫	৫২১
	৬	৪৮২
	৭	৫৫৫
	৮	৩১২
৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪	১	৩১৩
	২	৩৫৭
	৩	৪০২
	৪	৪৪৯
	৫	৪৮২
	৬	৪০২
	৭	৫২২
	৮	৫৫৫
৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪	১	৩১৩
	২	৩৫৮
	৩	৪০৩
	৪	৪৫০
	৫	৪৮৩
	৬	৫২২
	৭	৫২৩
	৮	৫৫৫
৭. সিলেট বোর্ড ২০২৪	১	৩১৪
	২	৩৫৯
	৩	৪০৩
	৪	৪৫০
	৫	৪৮৩
	৬	৫২৩
	৭	৫৫৬
	৮	৩১৪
৮. যশোর বোর্ড ২০২৪	১	৩১৫
	২	৫৫৯
	৩	৪০৪
	৪	৪৫১
	৫	৪৮৪
	৬	৪০৫
	৭	৫৫৬
	৮	৫২৪
৯. বরিশাল বোর্ড ২০২৪	১	৩১৫
	২	৩৬০
	৩	৪০৫
	৪	৪৫১
	৫	৪৮৪
	৬	৫২৪
	৭	৫৫৭
	৮	৪৮৪

★ চিহ্নিত প্রশ্ন নম্বর সমন্বিত অধ্যায়ের প্রশ্ন

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
১০. ঢাকা বোর্ড ২০২৩	১	৩১৬
	২	৩৬০
	৩	৪০৫
	৪	৪৫২
	৫	৩১৭
	৬	৪৮৫
	৭	৫২৫
	৮	৫৫৭
১১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩	১	৩১৭
	২	৩৬১
	৩	৫২৪
	৪	৪০৫
	৫	৪৫২
	৬	৪৮৫
	৭	৫২৬
	৮	৫৫৮
১২. রাজশাহী বোর্ড ২০২৩	১	৩১৭
	২	৩৬১
	৩	৪০৬
	৪	৪৫২
	৫	৪৮৬
	৬	৪৮৬
	৭	৫২৬
	৮	৫৫৮
১৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩	১	৩১৮
	২	৩৬২
	৩	৪০৭
	৪	৪৫২
	৫	৪৮৬
	৬	৫২৫
	৭	৫৫৯
	৮	৩১৮
১৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩	১	৩১৯
	২	৩৬২
	৩	৪০৭
	৪	৪৫৩
	৫	৪৮৭
	৬	৫২৭
	৭	৫৫৯
	৮	৩৬৩
১৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩	১	৩১৯
	২	৩৬৪
	৩	৪০৮
	৪	৪০৮
	৫	৪৫৩
	৬	৪৮৭
	৭	৫২৮
	৮	৫৫৯
১৬. সিলেট বোর্ড ২০২৩	১	৩২০
	২	৩৬৪
	৩	৪৫৪
	৪	৪০৯
	৫	৩৮৮
	৬	৩৬৫
	৭	৫২৮
	৮	৫৬০
১৭. যশোর বোর্ড ২০২৩	১	৩২০
	২	৩৬৬
	৩	৩৬৭
	৪	৪০৯
	৫	৪৫৪
	৬	৪৮৮
	৭	৫২৯
	৮	৫৬০

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
১৮. বরিশাল বোর্ড ২০২৩	১	৩২১
	২	৩৬৭
	৩	৪০৯
	৪	৪৫৫
	৫	৩৬৮
	৬	৩৮৮
	৭	৫২৯
	৮	৫৬১
১৯. ঢাকা বোর্ড ২০২২	১	৩২১
	২	৩৬৮
	৩	৪১০
	৪	৪৫৫
	৫	৪৮৯
	৬	৫২৯
	৭	৫৬১
	৮	৫৬১
২০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২	১	৩২২
	২	৩৬৯
	৩	৪১১
	৪	৪৫৬
	৫	৪৮৯
	৬	৫৩০
	৭	৫৬২
	৮	৩২২
২১. রাজশাহী বোর্ড ২০২২	১	৩২৩
	২	৩৬৮
	৩	৪১১
	৪	৪৫৫
	৫	৪৯০
	৬	৫২৯
	৭	৩৭০
	৮	৫৬৩
২২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২২	১	৩২৩
	২	৩৭০
	৩	৩৭১
	৪	৪১২
	৫	৪৫৬
	৬	৪৯০
	৭	৫৩০
	৮	৫৬৩
২৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০২২	১	৩২৪
	২	৩৭২
	৩	৪১৩
	৪	৪৫৭
	৫	৪৯১
	৬	৫৩১
	৭	৫৬৩
	৮	৩২৫
২৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২	১	৩২৫
	২	৩৭২
	৩	৪৫৭
	৪	৫৬৪
	৫	৪১৩
	৬	৪৯১
	৭	৫৩১
	৮	৩৭৩
২৫. সিলেট বোর্ড ২০২২	১	৩২৬
	২	৩২৬
	৩	৩৭৩
	৪	৪১১
	৫	৪৫৮
	৬	৪৯২
	৭	৫৩১
	৮	৫৬৪

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
২৬. যশোর বোর্ড ২০২২	১	৩২৭
	২	৩২৭
	৩	৩৭৩
	৪	৪১৫
	৫	৪৫৮
	৬	৪৯২
	৭	৫৩২
	৮.	৫৬৫
২৭. বরিশাল বোর্ড ২০২২	১	৩২৮
	২	৩৭৪
	৩	৪১৫
	৪	৩৭৪
	৫	৫৬৫
	৬	৫৩২
	৭	৪৯৩
	৮	৪৫৮
২৮. ঢাকা বোর্ড ২০২১	২	৪১৫
	৩	৪৫৯
	৪	৪৯৩
২৯. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১	৩	৪১৬
	৫	৪৫৯
	৬	৪৯৪
	৭	৪৯৪
৩০. রাজশাহী বোর্ড ২০২১	২ ★	৪১৬
	৩	৪১৭
	৪	৪৬০
	৫	৪৯৫
	৬	৫৬৬
৩১. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১	১	৩২৯
	২	৪১৭
	৬	৪৬০
	৮	৪৯৫
৩২. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১	১	৩২৯
	৩	৪১৮
	৫	৪৯৫
	৬	৫৬৬
	৭	৪১৯
৩৩. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১	৩	৩৩০
	৫	৪৬০
	৬	৫৬৭
	৭	৪১৯
৩৪. সিলেট বোর্ড ২০২১	৫	৪৬১
	৬	৪৯৬
	৭	৫৬৮
৩৫. যশোর বোর্ড ২০২১	২	৪২০
৩৬. বরিশাল বোর্ড ২০২১	৪ ★	৪২০
	৭	৫৬৮
৩৭. ঢাকা বোর্ড ২০১৯	৫	৪৯৬
৩৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯	৮	৫৬৯
৩৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯	২	৩৭৫
	৫	৪৬১
৪০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯	৪	৪২০
	৭	৫৬৯
৪১. সিলেট বোর্ড ২০১৯	৩	৪২১
৪২. যশোর বোর্ড ২০১৯	১	৩৩০
৪৩. ঢাকা বোর্ড ২০১৭	৩	৫৩৩
৪৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭	২.	৩৭৫
	৬	৪৯৭
	৭	৫৩৩
৪৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭	২	৩৭৬
	৩	৪২১
৪৬. যশোর বোর্ড ২০১৭	১	৩৩১

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
৪৭. ঢাকা বোর্ড ২০১৬	৫	৫৭০
৪৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬	৬	৫৭০
৪৯. সিলেট বোর্ড ২০১৬	৬	৩৩১
৫০. বরিশাল বোর্ড ২০১৬	১	৩৩১
৫১. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫	৩	৫৩৪
	৪	৪৯৭
৫২. মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল	১	৩৩১
	২	৩৩২
	৩	৩৭৭
	৪	৪২২
	৫	৪৬১
	৬	৪৯৮
	৭	৫৩৪
	৮	৫৭১
৫৩. রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ	১	৩৭৭
	২	৪৯৮
	৩	৪৯৯
	৪	৪৬২
	৫ ★	৪২২
	৬	৩৭৭
	৭	৩৩২
	৮	৫৩৫
৫৪. জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ	১	৩৩২
	২	৩৭৮
	৩	৪২৩
	৪	৪৬২
	৫	৪৬৩
	৬	৪২৩
	৭	৪৯৯
	৮	৫৩৫
৫৫. রংপুর ক্যাডেট কলেজ	১	৩৩৩
	২	৪২৪
	৩	৩৭৮
	৪	৫০০
	৫	৫৩৫
	৬	৪৬৩
	৭	৩৩৩
	৮	৫০০
৫৬. কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ	১	৩৩৩
	২	৩৭৯
	৩	৪২৪
	৪	৪৬৩
	৫ ★	৫৩৬
	৬	৫০০
	৭	৫৩৬
	৮ ★	৫৭১
৫৭. ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম	১	৩৩৪
	২	৩৭৯
	৩	৪২৫
	৪	৫০১
	৫	৪৬৪
	৬	৫৩৭
	৭	৫৭১
	৮	৫০১
৫৮. ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ	১	৩৮০
	২	৩৩৪
	৩	৫০২
	৪	৫৭১
	৫	৫০২
	৬	৪২৫
	৭	৫৩৭
	৮	৪৬৪
৫৯. বরিশাল ক্যাডেট কলেজ	১	৩৩৫
	২	৩৩৫
	৩	৩৮০
	৪	৪২৬
	৫	৪৬৪
	৬	৫০২
	৭	৫৩৮
	৮	৫৭২
৬০. রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা	১	৩৩৬
	২	৩৮০
	৩	৪২৬
	৪	৪৬৫
	৫	৫০২
	৬	৫০৩
	৭	৫৩৯
	৮	৫৭২
৬১. নটর ডেম কলেজ, ঢাকা	১	৩৩৬
	২	৩৮১
	৩	৪২৭
	৪	৪৬৫
	৫	৫০৩
	৬	৫০৪
	৭	৫৩১
	৮	৫৭২
৬২. আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা	১	৪২৮
	২	৫০৪
	৩	৩৩৬
	৪	৩৮১
	৫	৪৬৫
	৬	৫৭৩
	৭ ★	৫৭৪
	৮	৩৩৯
৬৩. ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা	১	৪২৮
	২	৪২৯
	৩	৫০৫
	৪	৫৪০
	৫	৫৭৪
	৬	৩৩৭
	৭	৩৮২
	৮	৪৬৬
৬৪. হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা	১	৩৩৭
	২	৩৩৮
	৩	৩৮৩
	৪	৪২৯
	৫	৪৬৭
	৬	৫০৫
	৭	৫০৬
	৮	৫৪০
৬৫. ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ	১	৩৩৯
	২	৩৮৩
	৩	৪৩০
	৪	৪৬৮
	৫	৪৬৮
	৬	৫০৬
	৭	৫৪২
	৮	৫৭৬
৬৬. ঢাকা কলেজ	১	৩৩৯
	২	৪৩০
	৩	৩৮৪
	৪	৪৬৭
	৫	৫০৬
	৬	৫৭৫
	৭	৫৪১
	৮	৫০৭
৬৭. আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা	১	৩৪০
	২	৩৮৪
	৩	৩৮৫
	৪	৪৩১
	৫	৪৬৮
	৬	৫০৭
	৭	৫৪২
	৮	৫৭৬
৬৮. ঢাকা সিটি কলেজ	১	৩৪০
	২	৩৮৬
	৩	৫৪৩
	৪	৫০৮
	৫	৪৩১
	৬	৫৭৬
	৭	৪৬৯
	৮	৫৪৩
৬৯. সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা	১	৩৪১
	২	৩৪১
	৩	৪৩২
	৪	৩৮৬
	৫	৪৩৩
	৬	৫৪৩
	৭	৫০৮
	৮	৫৭৭
৭০. সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা	১	৪৩৩
	২	৪৬৯
	৩	৪৩৪
	৪	৩৮৭
	৫	৩৪১
	৬	৫৭৭
	৭	৫০৯
	৮	৫৪৪
৭১. সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা	১	৩৪২
	২	৫০৯
	৩	৫৪৪
	৪	৪৩৫
	৫	৩৪২
	৬	৪৭০
	৭	৩৮৭
	৮	৫৭৭
৭২. বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা	৪	৪৭০
	৮	৩৪২
৭৩. ঢাকা কমার্স কলেজ	৪	৪৭১
৭৪. শহিদ বীর-উত্তম লে. আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা	১	৩৪৩
	৮	৫৭৮
৭৫. আইডিয়াল কলেজ, ধানমন্ডি, ঢাকা	৭	৫৪৫
৭৬. বেগম বদরুন্নেসা সরকারি মহিলা কলেজ, ঢাকা	৭	৫৪৪
৭৭. জাতির জনক বঙ্গবন্ধু শেখ মুজিবুর রহমান সরকারি মহাবিদ্যালয়, ঢাকা	৮	৫৪৫
৭৮. মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা	৫	৪৭১
	৮	৫৭৮
৭৯. সরকারি তোলারাম কলেজ, নারায়ণগঞ্জ	২	৫০৯

বোর্ড ও কলেজের নাম	প্রশ্ন নং	পৃষ্ঠা নং
৮০. সরকারি রাজেন্দ্র কলেজ, ফরিদপুর	৫	৫৪৬
৮১. সরকারি সারদা সুন্দরী মহিলা কলেজ, ফরিদপুর	২	৩৮৮
৮২. গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ	১	৩৪৩
৮৩. রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, গাজীপুর	৭	৪৭১
৮৪. প্রেসিডেন্ট প্রফেসর ড. ইয়াজউদ্দিন আহম্মেদ রেসিডেন্সিয়াল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, মুন্সিগঞ্জ	২	৫৪৫
৮৫. আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী	১	৩৪৩
	২	৩৮৮
	৩	৫৪৬
	৪	৫০৯
	৫	৪৩৫
	৬	৫৭৮
	৭	৫১০
	৮	৪৭২
৮৬. নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ	১	৩৪৪
	২	৩৮৮
	৩	৪৩৬
	৪	৪৭২
	৫	৫১০
	৬	৫১০
	৭	৪৪৬
	৮	৫৭৯
৮৭. শহীদ সৈয়দ নজরুল ইসলাম কলেজ, ময়মনসিংহ	১	৩৪৪
৮৮. শেরপুর সরকারি মহিলা কলেজ	৮	৫৪৭
৮৯. সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর	১	৪৩৬
	২	৪৪৪
	৩	৫৪৭
	৪	৩৮৯
	৫	৪৭৭
	৬	৫১১
	৭	৩৯০
	৮	৫৭৯
৯০. রাজশাহী কলেজ	১	৪৪৫
	২	৩৯০
	৩	৩৯১
	৪	৪৩৭
	৫	৪৩৭
	৬	৫১১
	৭	৫৪৭
	৮	৫৮০
৯১. সরকারি এডওয়ার্ড কলেজ, পাবনা	৩	৫৮১
	৮	৪৭৪
৯২. বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ	৪	৪৩৮
	৭	৫৪৮
	৮	৫৮০
৯৩. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর	১	৫৮১
	২	৫৪৮
	৩	৩৪৫
	৪	৫১২
	৫	৪৭৪
	৬	৩৯১
	৭	৪৩৮
	৮	৪৩৯
৯৪. সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর	৩	৪৩৯
	৬	৫১২
৯৫. কুমিল্লা ভিক্টোরিয়া সরকারি কলেজ	২	৩৯১
৯৬. ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর	১	৩৪৬
	২	৩৪৬
	৩	৩৯২
	৪	৫৪৯
	৫	৫৮২
	৬	৪৪০
	৭	৩৯২
	৮	৪৪০
৯৭. আশুগঞ্জ সার কারখানা কলেজ, ব্রাহ্মণবাড়িয়া	২	৩৯২
৯৮. সরকারি জিয়া মহিলা কলেজ, ফেনী	১	৩৪৭
	৩	৪৪০
৯৯. চট্টগ্রাম কলেজ	১	৩৪৭
	২	৩৯২
	৩	৪৪৪
	৪	৪৭৫
	৫	৫৪৯
	৬	৫৮২
	৭	৪৪১
	৮	৫১২
১০০. চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ	১	৩৪৭
	২	৩৯৩
	৩	৪৪১
	৪	৪৭৫
	৫	৫১৩
	৬	৫১৩
	৭	৪৪৯
	৮	৫৮২
১০১. সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম	১	৩৪৮
	২	৩১৩
	৩	৪৪২
	৪	৪৪৩
	৫	৫১৪
	৬	৫১৪
	৭	৪৭৬
	৮	৫৮৩
১০২. সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম	১	৩৪৮
	২	৩৯৪
	৩	৪৪৩
	৪	৪৭৬
	৫	৪৪৩
	৬	৫১৫
	৭	৫৮৩
	৮	৫৫০
১০৩. বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম	১	৩৪৯
	২	৩৯৫
	৩	৪৪৪
	৪	৪৭৬
	৫	৫১৫
	৬	৫৫০
	৭	৫৮৩
	৮	৪৭৭
১০৪. বাংলাদেশ মহিলা সমিতি বালিকা উচ্চ বিদ্যালয় ও কলেজ, চট্টগ্রাম	২	৩৯৭
১০৫. হাজেরা-তজু ডিগ্রি কলেজ, চট্টগ্রাম	৬	৫৫১
১০৬. ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম	১	৩৫৯
	৪	৪৭৭
	৬	৫৯১
	৭	৫৮৩
১০৭. চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন আন্তঃকলেজ	৬	৫১৬
১০৮. বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম	২	৩৯৫
১০৯. বান্দরবান ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ	৩	৪৪৪
	৭	৩৯৬
১১০. সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট	১	৩৪৯
	২	৩৯৬
	৩	৩৯৬
	৪	৩৫০
	৫	৪৪৫
	৬	৪৭৮
	৭	৫১৬
	৮	৫৮৪
১১১. হবিগঞ্জ সরকারি মহিলা কলেজ	৪	৪৭৮
১১২. ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা	১	৩৫১
	২	৩৫১
	৩	৩৯৭
	৪	৪৪৫
	৫	৪৭৯
	৬	৫১৬
	৭	৫৫২
	৮	৫৮৪
১১৩. বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ, যশোর	৮	৫৮৫
১১৪. বাগেরহাট সরকারি মহিলা কলেজ	৪	৪৭৯
১১৫. সরকারি কেশব.চন্দ্র কলেজ, ঝিনাইদহ	৬	৫১৭
১১৬. সরকারি হোসেন শহীদ সোহরাওয়ার্দী কলেজ, মাগুরা	৭	৫৮৫
১১৭. বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ	১	৩৫১
	২	৩৯৭
	৩	৪৪৬
	৪	৪৮০
	৫	৫১৭
	৬	৫১৮
	৭	৫৫২
	৮	৫৮৫
১১৮. সরকারি বরিশাল কলেজ	১	৩৫২
১১৯. অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল	২	৩৯৮
১২০. সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল	২	৩৯৮

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

■ সৃজনশীল রচনামূলক অংশ ২৪

■ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি অংশ ২৮৫

এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের উত্তরমালা: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি ৩০৮

পরিশিষ্ট ৩০৮

বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

* বি.দ্র.: ২০১৫ থেকে ২০২৪ সাল পর্যন্ত কোনো বছরই এ অধ্যায়টি থেকে বোর্ড পরীক্ষায় প্রশ্ন আসেনি।

অধ্যায় ১ ভৌতজগত ও পরিমাপ

■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

Tutor

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখ পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸১ বৃন্দাবন সরকারি কলেজ, হবিগঞ্জ ‖ প্রশ্ন নং ১

একই ধরনের উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ মাপার জন্য দুইজন পরীক্ষার্থীকে দুইটি স্ফেরোমিটার দেওয়া হলো। প্রথম পরীক্ষার্থীকে 45 mm পায়ার দূরত্ব এবং দ্বিতীয় পরীক্ষার্থীকে 65 mm পায়ার দূরত্ব বিশিষ্ট স্ফেরোমিটার প্রদান করা হলো। উভয় স্ফেরোমিটারের পিচ 1 mm এবং বৃত্তাকার স্কেলের ভাঁগ সংখ্যা 100। প্রথম পরীক্ষার্থী সমতলে ও লেন্সের বক্র পৃষ্ঠে রৈখিক ও বৃত্তাকার স্কেলের পাঠ নিলো যথাক্রমে 0 mm ও 13 এবং 3 mm ও 96।

ক. পিছট ত্রুটি কী? ১

খ. স্ফেরোমিটারের যান্ত্রিক ত্রুটি বোঝার উপায় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রদত্ত লেন্সটির বক্রতার ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দ্বিতীয় পরীক্ষার্থী সমতলে রৈখিক ও বৃত্তাকার স্কেলের পাঠ নিলো যথাক্রমে 0 mm ও 4 তাহলে লেন্সের উপর সঠিক রৈখিক ও বৃত্তাকার পাঠ কত হবে? ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নাট-স্ক্রু নীতির ওপর ভিত্তি করে যে সকল যন্ত্র তৈরি সেসব যন্ত্র পুরনো হয়ে গেলে স্ক্রুকে উভয় দিকে ঘুরালে সমান সরণ হয় না। তখন পরিমাপে যে ত্রুটি দেখা দেয় তাই পিছট ত্রুটি।

খ গোলীয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ নির্ণয় করতে স্ফেরোমিটার ব্যবহৃত হয়। স্ফেরোমিটারকে যখন কোনো সমতলে স্থাপন করা হয়, তখন স্ক্রুটি ঘুরিয়ে যদি স্ক্রুর সূঁচালো অগ্রভাগ ঐ সমতল স্পর্শ করানো হয়, তাহলে সেক্ষেত্রে বৃত্তাকার স্কেলের পাঠ শূন্য হলে বুঝতে হবে, কোনো যান্ত্রিক ত্রুটি নেই। কিন্তু এমতাবস্থায় বৃত্তাকার স্কেলের পাঠ অশূন্য হলে বুঝতে হবে যান্ত্রিক ত্রুটি আছে।

গ

স্ফেরোমিটারের

লঘিষ্ঠ গণন = $\frac{\text{পিচ}}{\text{বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা}}$

$= \frac{1}{100}$

$= 0.01$ mm.

এখানে,
পায়ার দূরত্ব,
$d = 45$ mm
পিচ = 1 mm
বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা = 100

সমতলে পাঠ, X' = রৈখিক স্কেলের পাঠ + বৃত্তাকার স্কেলের পাঠ × লঘিষ্ঠ গণন = $0 + 13 \times 0.01 = 0.13$ mm.

বক্র পৃষ্ঠে পাঠ, Y' = রৈখিক স্কেলের পাঠ + বৃত্তাকার স্কেলের পাঠ × লঘিষ্ঠ গণন = $3 + 96 \times 0.01 = 3.96$ mm

এখানে,
স্ফেরোমিটারের পায়া তিনটির সমতল থেকে বক্রতলের উচ্চতা,

$h = Y' - X' = (3.96 - 0.13)$ mm

$= 3.83$ mm

∴ বক্রতার ব্যাসার্ধ, $R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}$

$= \frac{45^2}{6 \times 3.83} + \frac{3.83}{2} = 90.04$ mm **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত,

লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $R = 90.04$ mm

স্ফেরোমিটারের লঘিষ্ঠ গণন, $= 0.01$ mm.

সমতলে পাঠ, X' = রৈখিক স্কেলের পাঠ + বৃত্তাকার স্কেলের পাঠ × লঘিষ্ঠ গণন

$= 0 + 4 \times 0.01$

$= 0.04$ mm

এখানে,
পায়ার দূরত্ব, $d = 65$ mm
ধরি,
সমতল হতে বক্রতলের উচ্চতা = h
বক্রপৃষ্ঠের পাঠ = Y'

স্ফেরোমিটারের ক্ষেত্রে,

$$R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

বা, $90.04 = \frac{65^2}{6h} + \frac{h}{2}$

বা, $90.04\,h = 704.167 + 0.5h^2$

বা, $0.5h^2 - 90.04h + 704.167 = 0$

সমীকরণটি সমাধান করে পাই,

$h = 171.88661$ (যা গ্রহণযোগ্য নয়) এবং $h = 8.193$ mm (যা গ্রহণযোগ

আবার,

$h = Y' - X'$

বা, $Y' = h + X'$

$= 8.193 + 0.04 = 8.233$ mm

এখানে, 8 পূর্ণ সংখ্যা হওয়ায় রৈখিক পাঠ = 8 mm

∴ বৃত্তাকার স্কেলের পাঠ = $\frac{0.233}{\text{লঘিষ্ঠ গণন}} = \frac{0.233}{0.01} = 23.3 \approx 23$

সুতরাং, লেন্সের উপর সঠিক রৈখিক স্কেলের পাঠ 8 mm ও বৃত্তাকা স্কেলের পাঠ 23।

অধ্যায় ২ ভেক্টর

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

■ বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	২	২	২	২	২	২	১	১	১	১৫
২০২৩	২	২	২	২	১	১	১	১	১	১৩
২০২২	২	২	২	২	২	২	২	১	২	১৭
২০২১	২	১	২	২	১	২	২	২	২	১৬
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	১	–	১	০	১	১	১	১	১	৭
২০১৬	১	–	০	১	১	১	১	১	১	৭
২০১৫	১	–	১	১	১	০	০	১	০	৫
মোট প্রশ্ন	১৩	৭	১২	১২	১১	১১	১০	১০	১০	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি

■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▶ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 5\hat{k}$, $\vec{B} = -\hat{i} + 2\hat{j} + 7\hat{k}$ এবং $\vec{C} = \hat{i} + 7\hat{j} - \hat{k}$ তিনটি ভেক্টর

ক. অবস্থান ভেক্টর কী? ১

খ. $\hat{i}\cdot\hat{i} \neq 0$ কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{A}$ বরাবর $\vec{B}$ এর অভিক্ষেপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ভেক্টর তিনটি একই সমতলে থাকবে কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসজ্ঞা কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাই অবস্থান ভেক্টর।

খ আমরা জানি x-অক্ষে নির্দেশিত একক ভেক্টরকে $\hat{i}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়, যার মান $|\hat{i}| = 1$ একক। যেহেতু $\hat{i}$ ও $\hat{i}$ সমান ও সদৃশ ভেক্টর সুতরাং, $\hat{i}$ এবং $\hat{i}$ এর মধ্যবর্তী কোণ $\theta = 0°$।

আবার, আমরা জানি ভেক্টরের স্কেলার গুণ অনুসারে,

$$\begin{aligned}\hat{i}\cdot\hat{i} &= |\hat{i}|\times|\hat{i}|\cos\theta\\ &= 1\times 1\times\cos 0°\\ &= 1 \text{ একক} \neq 0\end{aligned}$$

$\therefore \hat{i}.\hat{i} \neq 0$ বরং $\hat{i}.\hat{i} = 1$

গ আমরা জানি, $\vec{A}$ বরাবর $\vec{B}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ $= B\cos\theta$ যেখানে θ হলো $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ।

আবার, $\vec{A}.\vec{B} = AB\cos\theta$

বা, $(2\hat{i} + 3\hat{j} + 5\hat{k}).(-\hat{i} + 2\hat{j} + 7\hat{k}) = \sqrt{38}\,B\cos\theta$

ঘা, $\sqrt{38}\,B\cos\theta = -2 + 6 + 35$

বা, $39 = \sqrt{38}.B\cos\theta$

বা, $B\cos\theta = \dfrac{39}{\sqrt{38}}$

$= 6.33$

এখানে,

$\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 5\hat{k}$

$A = \sqrt{2^2 + 3^2 + 5^2} = \sqrt{38}$

$\theta = \vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ

$\vec{B} = -\hat{i} + 2\hat{j} + 7\hat{k}$

$\therefore \vec{A}$ বরাবর $\vec{B}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ 6.33 **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, তিনটি ভেক্টর সমতলীয় হবে যদি $\vec{A}.\left(\vec{B}\times\vec{C}\right) = 0$ হয়।

এখন,

$$\begin{aligned}\vec{B}\times\vec{C} &= (-\hat{i} + 2\hat{j} + 7\hat{k})\times(\hat{i} + 7\hat{j} - \hat{k})\\ &= \begin{vmatrix}\hat{i} & \hat{j} & \hat{k}\\ -1 & 2 & 7\\ 1 & 7 & -1\end{vmatrix}\\ &= \hat{i}(-2-49) - \hat{j}(1-7) + \hat{k}(-7-2)\\ &= -51\hat{i} + 6\hat{j} - 9\hat{k}\end{aligned}$$

এখানে,

$\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 5\hat{k}$

$\vec{B} = -\hat{i} + 2\hat{j} + 7\hat{k}$

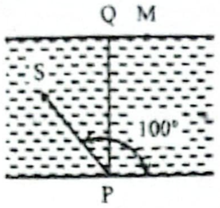
$\vec{C} = \hat{i} + 7\hat{j} - \hat{k}$

$\therefore \vec{B}\times\vec{C} = -51\hat{i} + 6\hat{j} - 9\hat{k}$

$$\begin{aligned}\therefore \vec{A}.\left(\vec{B}\times\vec{C}\right) &= (2\hat{i} + 3\hat{j} + 5\hat{k}).(-51\hat{i} + 6\hat{j} - 9\hat{k})\\ &= -102 + 18 - 45 = -129 \neq 0\end{aligned}$$

যেহেতু উদ্দীপকের $\vec{A}$, $\vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টরত্রয় এর ক্ষেত্রে $\vec{A}.\left(\vec{B}\times\vec{C}\right) = -129$, তাই বলা যায় $\vec{A}$, $\vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টর তিনটি একই সমতলে থাকবে না।

প্রশ্ন ▶ ২ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ২



স্রোতের বেগ = $3\ kmh^{-1}$

উপরের চিত্রে তমাল 'P' বিন্দু থেকে নৌকা চালিয়ে নদীর অপর পাড়ে যাচ্ছে। সে PS বরাবর $5\ kmh^{-1}$ বেগে নৌকা চালিয়ে নদীর অপর পাড়ের M বিন্দুতে পৌছায়। [নদীর প্রস্থ PQ = 2 km]

ক. ভেক্টর অপারেটর কী? ১

খ. কেন্দ্রমুখী বল কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২

গ. QM এর দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. PS বরাবর নৌকা চালিয়ে 'M' বিন্দুতে পৌছার সময় এবং P থেকে স্রোতহীন অবস্থায় সরাসরি নৌকা চালিয়ে Q-তে পৌঁছার সময়ের পার্থক্য গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক নির্ণয় করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গাণিতিক চিহ্নের দ্বারা একটি ভেক্টর রাশিকে অন্য একটি স্কেলার বা ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করা যায় বা কোনো পরিবর্তনশীল ভেক্টর রাশির ব্যাখ্যা দেয়া যায় তাই ভেক্টর অপারেটর।

খ কোনো বস্তুকণাকে বৃত্তাকার পথে গতিশীল রাখতে কেন্দ্রের দিকে যে বল প্রয়োগ করতে হয় তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলা হয়। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তু কণার ভর m, রৈখিক বেগ v, কৌণিক বেগ ω এবং বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ r হলে, কেন্দ্রমুখী বল, $F_c = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$

কেন্দ্রমুখী বলের সমীকরণ অনুযায়ী কেন্দ্রমুখী বল ৩টি বিষয়ের উপর নির্ভর করে:

i. বস্তু কণার ভর (m)

ii. বস্তু কণার রৈখিক বেগ (v) বা কৌণিক বেগ (ω)

iii. বস্তু কণাটি যে বৃত্তাকার পথে ঘুরে, তার ব্যাসার্ধ (r)।

গ ধরি, লব্ধি বেগ স্রোতের বেগের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে।

$\therefore \tan\theta = \frac{v \sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$

বা, $\tan\theta = \frac{5 \sin 100°}{3 + 5\cos 100°}$

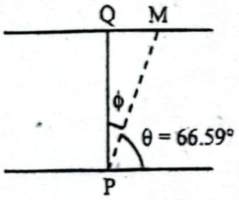
বা, $\tan\theta = 2.31$

এখানে,
স্রোতের বেগ, $u = 3\ kmh^{-1}$
নৌকার বেগ, $v = 5\ kmh^{-1}$
স্রোত ও নৌকার মধ্যবর্তী কোণ
$\alpha = 100°$

বা, $\theta = \tan^{-1}(2.31)$

$\therefore \theta = 66.59°$

চিত্রানুযায়ী, $\phi = 90° - 66.59°$
$= 23.41°$



ΔPQM-এ

$\tan\phi = \frac{QM}{PQ}$

বা, $\tan 23.41° = \frac{QM}{2}$

$\therefore QM = 0.866\ km = 866\ m$ (Ans.)

এখানে,
নদীর প্রস্থ, PQ = 2 km

ঘ PS বরাবর নৌকা চালিয়ে M বিন্দুতে পৌছার

প্রয়োজনীয় সময়, $t_1 = \frac{d}{v\sin\alpha}$
$= \frac{2}{5\sin 100°}$
$= 0.406\ h$
$= 24.35\ min$

এখানে,
নদীর প্রস্থ, d = 2 km
নৌকার বেগ, $v = 5\ kmh^{-1}$
কোণ, $\alpha = 100°$

P থেকে স্রোতহীন অবস্থায় নৌকা চালিয়ে Q তে পৌছানোর সময়:
এক্ষেত্রে নৌকার বেগ হবে PQ বরাবর

অর্থাৎ, $\alpha = 90°$

$\therefore$ প্রয়োজনীয় সময়, $t_2 = \frac{2}{5\sin 90°}$
$= 0.4h = 24\ min$

$\therefore t_2 < t_1$

সময়ের পার্থক্য $= t_1 - t_2 = 24.35 - 24$
$= 0.35\ min = 21\ s$

সুতরাং, PS বরাবর নৌকা চালিয়ে 'M' বিন্দুতে পৌছার সময় এব
থেকে স্রোতহীন অবস্থায় সরাসরি নৌকা চালিয়ে Q-তে পৌঁছার সময়
পার্থক্য 21 s।

প্রশ্ন ▶ ৩ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং

দুটি ভেক্টর $\vec{v} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - x\hat{k}$ এবং $\vec{u} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$ পরস্পর লম্ব
এবং $\vec{u}$ এর মান যদি নৌকা ও একটি নদীতে স্রোতের বেগ নির্দেশ ক
তবে সর্বনিম্ন পথে নদী পার হতে নৌকাটির 4 মিনিট সময় লাগে।

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে?

খ. তিনটি ভেক্টরের লব্ধি কখন শূন্য হবে? ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকের 'x' এর মান নির্ণয় করো।

ঘ. ন্যূনতম সময়ে নদী পার হতে হলে মাঝিকে নদীর প্র
অপেক্ষা বেশি দূরত্ব অতিক্রম করতে হবে কি না
গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান
ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে

খ একই সময়ে একটি বিন্দুতে ক্রিয়ারত তিনটি সমজাতীয় সমতলীয়
ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হবে যদি ভেক্টর তিনটিকে কোনো ত্রিভুজের তিনটি
বাহু দ্বারা একই ক্রমে নির্দেশ করা যায়।

চিত্রে, ΔABC-এ $\overrightarrow{AB} = \vec{P}$,

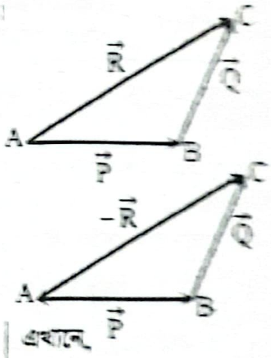
$\overrightarrow{BC} = \vec{Q}$, $\overrightarrow{AC} = \vec{R}$

ত্রিভুজ সূত্রানুযায়ী, $\vec{P} + \vec{Q} = \vec{R}$

বা, $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AC}$

বা, $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} - \overrightarrow{AC} = 0$

বা, $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CA} = 0$



গ আমরা জানি,
দুটি ভেক্টর পরস্পর লম্ব হলে এদের স্কেলার গুণফল শূন্য হয়।

$\therefore \vec{v}.\vec{u} = 0$

বা, $(2\hat{i} + 3\hat{j} - x\hat{k}).(3\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}) = 0$

বা, $6 + 6 - 2x = 0$

$\therefore x = 6$ (Ans.)

এখানে,
$\vec{v} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - x\hat{k}$
$\vec{u} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$
x = ?

ঘ ন্যূনতম পথে নদী পার হতে হলে লব্ধি বেগ নদীর প্রস্থ বরাবর
হয়। অর্থাৎ তখন লব্ধি বেগ ও স্রোতের বেগের মধ্যবর্তী কোণ θ = 9
হয়।

$\therefore \tan 90° = \frac{v\sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$

বা, $u + v\cos\alpha = 0$

বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(-\frac{u}{v}\right)$

বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(-\frac{\sqrt{17}}{7}\right)$

$\therefore \alpha = 126.087°$

এখানে,
$\vec{v} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 6\hat{k}$ (গ থেকে)
$\vec{u} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$
স্রোতের বেগের মান,
$|\vec{u}| = u = \sqrt{3^2 + 2^2 + 2^2}\ ms^{-1} = \sqrt{17}\ ms^{-1}$
নৌকার বেগের মান,
$|\vec{v}| = v = \sqrt{2^2 + 3^2 + (-6)^2}\ ms^{-1} = 7\ ms^{-1}$
u এবং v এর মধ্যবর্তী কোণ, α = ?

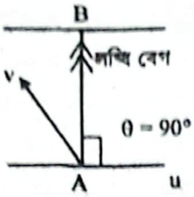
সর্বনিম্ন পথে নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময়, $t_1 = 4\ min$ (দেওয়া আছে)
$= 240s$

$\therefore t_1 = \dfrac{d}{v \sin\alpha}$

বা, $240 = \dfrac{d}{7 \sin 126.087°}$

$\therefore d = 1357.648$ m
$= AB$

এখানে
d = নদীর প্রস্থ



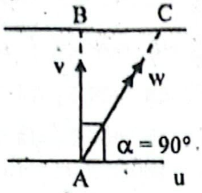
চিত্র-১

এখন, ন্যূনতম সময়ে নদী পার হতে হলে নৌকার বেগ নদীর প্রস্থ বরাবর হতে হবে, অর্থাৎ, α = 90° হবে।

∴ এক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় সময়,

$$t_2 = \frac{d}{v \sin\alpha} = \frac{1357.648}{7 \sin 90°} \text{ s} = 193.950 \text{ s}$$

যা t_1 এর চেয়ে কম



চিত্র-২

এবং লব্ধি বেগ,

$$w = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv\cos\alpha}$$
$$= \sqrt{(\sqrt{17})^2 + 7^2 + 2 \times \sqrt{17} \times 7 \times \cos 90°}$$
$$= 8.124 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে
$\alpha = 90°$
$u = \sqrt{17}$
$v = 7$

∴ অতিক্রান্ত দূরত্ব, $AC = wt_2 = (8.124 \times 193.950)$ m $= 1575.650$ m

দেখা যাচ্ছে, AC > AB

সুতরাং, ন্যূনতম সময়ে নদী পার হতে হলে মাঝিকে নদীর প্রস্থ অপেক্ষা বেশি দূরত্ব অতিক্রম করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮

$\vec{A} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + \hat{k}$, $\vec{B} = 3\hat{i} - \hat{j} + 5\hat{k}$ এবং $\vec{C} = 3\hat{i} + 2\hat{j} - 4\hat{k}$ ভেক্টর তিনটি একটি ত্রিভুজের তিনটি বাহু নির্দেশ করে।

ক. পরম আর্দ্রতা কী? ১

খ. দেখাও যে, $\hat{i} \times \hat{j} = \hat{k}$. ২

গ. $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ কে সন্নিহিত বাহু ধরে সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে ত্রিভুজটি সমকোণী ত্রিভুজ হবে কি-না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সময় কোনো স্থানের একক আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে তাই ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা।

খ আমরা জানি, $\vec{A} \times \vec{B} = \hat{\eta} AB \sin\theta$

সুতরাং $\hat{i} \times \hat{j} = \hat{\eta}\,(1)\,(1)\,(\sin 90°)$ [∵ $\hat{i}$ ও $\hat{j}$ পরস্পর লম্ব]

$= \hat{\eta}\,(1)\,(1)\,(1) = \hat{\eta}$

এখানে, $\hat{i}$ ও $\hat{j}$ যথাক্রমে x ও y অক্ষ বরাবর একক ভেক্টর। এদের ক্রস গুণফলের মান হবে এক একক এবং দিক হবে এদের সমতলের লম্ব দিক বরাবর। যা $\hat{k}$ দিয়ে সূচিত হয়। সুতরাং, η হলো x – y তলের লম্ব বরাবর $\hat{k}$ ফলে $\hat{i} \times \hat{j} = \hat{k}$

$\therefore \hat{i} \times \hat{j} = \hat{k}$ **(Showed)**

গ মনে করি, দুটি ভেক্টর $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ দ্বারা গঠিত সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল Δ

আমরা জানি, $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ দ্বারা সামান্তরিকের দুইটি সন্নিহিত বাহু নির্দেশ করলে এর ক্ষেত্রফল হবে, $|\vec{A} \times \vec{B}|$

এখন,

$$\therefore \vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & -3 & 1 \\ 3 & -1 & 5 \end{vmatrix}$$

এখানে,
$\vec{A} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + \hat{k}$
$\vec{B} = 3\hat{i} - \hat{j} + 5\hat{k}$

$$= \hat{i}(-15 + 1) - \hat{j}(10 - 3) + \hat{k}(-2 + 9) = -14\hat{i} - 7\hat{j} + 7\hat{k}$$

∴ সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল, $\Delta = |\vec{A} \times \vec{B}|$

$$= \sqrt{(-14)^2 + (-7)^2 + 7^2}$$
$$= 7\sqrt{6} \text{ বর্গ একক } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকের ত্রিভুজটি সমকোণী ত্রিভুজ হলে এর দুই বাহুর বর্গের সমষ্টি অপর বাহুর (অতিভুজ) বর্গের সমান হবে। মধ্যবর্তী কোণ সমকোণ হতে হবে অর্থাৎ দুই বাহুর (অতিভুজ ছাড়া) ডটগুণফল শূন্য হতে হবে।

$\vec{A}.\vec{B} = (2\hat{i} - 3\hat{j} + \hat{k}).(3\hat{i} - \hat{j} + 5\hat{k}) = 6 + 3 + 5 = 14 \neq 0$

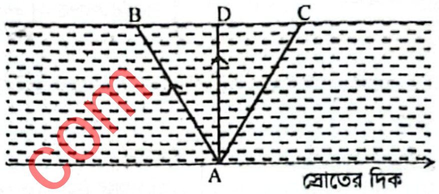
$\vec{A}.\vec{C} = (2\hat{i} - 3\hat{j} + \hat{k}).(3\hat{i} + 2\hat{j} - 4\hat{k}) = 6 - 6 - 4 = -4 \neq 0$

এখানে,
$\vec{A} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + \hat{k}$
$\vec{B} = 3\hat{i} - \hat{j} + 5\hat{k}$
$\vec{C} = 3\hat{i} + 2\hat{j} - 4\hat{k}$

$\vec{B}.\vec{C} = (3\hat{i} - \hat{j} + 5\hat{k}).(3\hat{i} + 2\hat{j} - 4\hat{k}) = 9 - 2 - 20 = -13 \neq 0$

∴ সুতরাং বলা যায়, Δ ABC সমকোণী ত্রিভুজ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১



চিত্রে 4 kmh^{-1} বেগে প্রবাহিত স্রোতের নদীতে সোহেল 8 kmh^{-1} বেগে AB বরাবর নৌকা চালানো শুরু করে। 10 মিনিটে নদীর প্রস্থ AD বরাবর D বিন্দুতে পৌছে। কিন্তু রোহান AD বরাবর 10 kmh^{-1} বেগে নৌকা চালানো শুরু করে AC বরাবর C বিন্দুতে পৌছে।

ক. অবস্থান ভেক্টরের সংজ্ঞা লেখো। ১

খ. ভেক্টর যোগের সামান্তরিক সূত্র বিনিময় সূত্র মেনে চলে।– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সোহেলের ক্ষেত্রে নৌকার বেগ ও স্রোতের বেগের লব্ধি বেগের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নদীর প্রস্থ AD ও রোহানের দৈর্ঘ্য বরাবর অতিক্রান্ত দূরত্ব DC সমান হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ ভেক্টরদ্বয় OACB সামান্তরিকের OA ও OB বাহু দ্বারা নির্দেশ করা হলে, OC কর্ণ তাদের লব্ধি প্রকাশ করবে।

OA ও BC সমান ও সমান্তরাল বলে $\overrightarrow{OA} = \overrightarrow{BC} = \vec{P}$

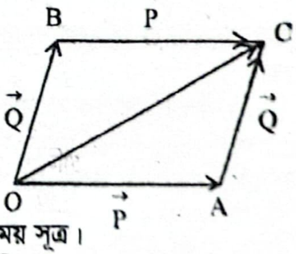
অনুরূপভাবে, $\overrightarrow{OB} = \overrightarrow{AC} = \vec{Q}$

ΔOAC হতে $\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AC} = \overrightarrow{OC}$

$\therefore \vec{P} + \vec{Q} = \vec{R}$

আবার, ΔOBC হতে $\overrightarrow{OB} + \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{OC}$

$\therefore \vec{Q} + \vec{P} = \vec{R}$



অতএব, $\vec{P} + \vec{Q} = \vec{Q} + \vec{P}$, যা মূলত বিনিময় সূত্র।

সুতরাং ভেক্টর যোগের সামান্তরিক সূত্র বিনিময় সূত্র মেনে চলে।

গ যেহেতু,
লব্ধি ও স্রোতের মধ্যবর্তী কোণ
θ = 90°
সুতরাং লব্ধি বেগের দিক,

এখানে,
স্রোতের বেগ, $u = 4 \text{ kmh}^{-1}$
নৌকার বেগ, $v = 8 \text{ kmh}^{-1}$
∴ u ও v এর মধ্যবর্তী কোণ, α = ?

$$\tan\theta = \frac{v\sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$$

বা, $\tan 90° = \frac{8\sin\alpha}{4 + 8\cos\alpha}$

বা, $4 + 8\cos\alpha = 0$

বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(-\frac{4}{8}\right)$

$\therefore \alpha = 120°$

লব্ধি বেগ, $R = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv\cos\alpha}$

$= \sqrt{4^2 + 8^2 + 2 \times 4 \times 8 \times \cos 120°}$

$= 4\sqrt{3}$ kmh^{-1} **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে প্রাপ্ত, স্রোতের বেগ ও সোহেলের নৌকার বেগের মধ্যবর্তী কোণ, $\alpha_s = 120°$

সোহেলের নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময়, $t = \frac{d}{v_s \sin\alpha_s}$

বা, $600 = \frac{d}{\frac{20}{9}\sin 120°}$

$\therefore$ d = 1154.7 m = AD

এখানে,
t = 10 min = 600 s
v_s = সোহেলের নৌকার বেগ
$= 8$ kmh$^{1} = \frac{20}{9}$ ms^{-1}
নদীর প্রস্থ, d = ?

এখন, রোহানের লব্ধি বেগ AC বরাবর, যা স্রোতের দিকের সাথে θ_R কোণ উৎপন্ন করে (ধরি)।

$$\tan\theta_R = \frac{v_R \sin\alpha_R}{u + v_R \cos\alpha_R}$$

বা, $\tan\theta_R = \frac{\frac{25}{9}\sin 90°}{\frac{10}{9} + \frac{25}{9}\cos 90°}$

$\therefore \theta_R = \tan^{-1}\left(\frac{25}{10}\right) = 68.20°$

এখানে,
রোহানের নৌকার বেগ,
$v_R = 10$ kmh$^{-1} = \frac{25}{9}$ ms^{-1}
u ও v_R এর মধ্যবর্তী কোণ,
$\alpha_R = 90°$
$u = 4$ kmh$^{-1} = \frac{10}{9}$ ms^{-1}

চিত্র-১ থেকে, $\phi = 90° - 68.20° = 21.80°$

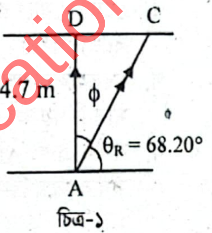
Δ ACD-তে, $\tan\phi = \frac{CD}{AD}$

বা, CD = 1154.7 tan(21.80°)

$\therefore$ CD = 461.85 m ≠ AD

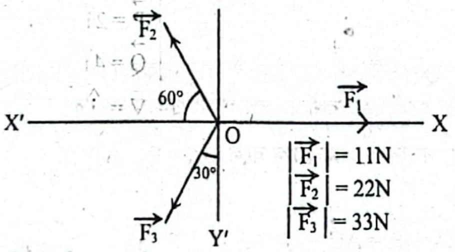
এখানে
AD = 1154.7 m

সুতরাং, নদীর প্রস্থ AD ও রোহানের দৈর্ঘ্য বরাবর অতিক্রান্ত দূরত্ব DC সমান হবে না।



চিত্র-১

প্রশ্ন ▶ ৬ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৪



চিত্র অনুযায়ী O বিন্দুস্থ স্থির বস্তুকণার উপর তিনটি বল প্রয়োগ করা হল।

ক. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে? ১

খ. ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মানে না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বস্তুকণার উপর OX বরাবর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বল প্রয়োগের ফলে বস্তুকণাটি কোন দিকে গতিশীল হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সংঘর্ষের আগে ও পরে দুটি বস্তুর মোট গতিশক্তি ও ভরবেগের সমষ্টি উভয়ই অপরিবর্তিত থাকে সেই সংঘর্ষকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

খ মনে করি $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যকার কোণ θ তা হলে,

$\vec{A} \times \vec{B} = \hat{\eta}$ AB sin θ

আবার, $\vec{B} \times \vec{A}$ = AB sin θ $(-\hat{\eta})$ = – AB sin θ $\hat{\eta}$

অর্থাৎ, $\vec{A} \times \vec{B}$ এর দিক যা হবে, $\vec{B} \times \vec{A}$ এর দিক হবে তার বিপরী

তাই $\vec{A} \times \vec{B}$ এবং $\vec{B} \times \vec{A}$ ভেক্টরদ্বয়ের মান সমান হলেও দিক

পরস্পর বিপরীত। এ কারণে $\vec{A} \times \vec{B} \neq \vec{B} \times \vec{A}$

অর্থাৎ, ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মানে না।

গ ধরি, লব্ধি বল $\vec{F}$, OX এর দিকের সাথে θ কোণ তৈরি করে

OX এর সাথে $\vec{F}_1$ এর কোণ, $\theta_1 = 0°$

OX এর সাথে $\vec{F}_2$ এর কোণ,
$\theta_2 = 180° - 60° = 120°$

OX এর সাথে $\vec{F}_3$ এর কোণ,
$\theta_3 = 270° - 30° = 240°$

∴ বস্তুকণার উপর OX বরাবর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের মান,

$F_x = |\vec{F}|\cos\theta = |\vec{F}_1|\cos\theta_1 + |\vec{F}_2|\cos\theta_2 + |\vec{F}_3|\cos\theta_3$

$= 11\cos 0° + 22\cos 120° + 33\cos 240°$

$= -16.5$ N **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে প্রাপ্ত, $F_x = -16.5$ N ... . (i)

অনুরূপভাবে,

$F_Y = |\vec{F}|\sin\theta = |\vec{F}_1|\sin\theta_1 + |\vec{F}_2|\sin\theta_2 + |\vec{F}_3|\sin\theta_3$

$= 11\sin 0° + 22\sin 120° + 33\sin 240°$

$= -\frac{11\sqrt{3}}{2}$ N ... ... (ii)

এখানে,
$|\vec{F}_1| = 11$N
$|\vec{F}_2| = 22$N
$|\vec{F}_3| = 33$N

(ii) কে (i) দ্বারা ভাগ করে পাই, $\frac{F_X}{F_Y} = \frac{|\vec{F}|\sin\theta}{|\vec{F}|\cos\theta} = \frac{\frac{-11\sqrt{3}}{2}}{-16.5}$

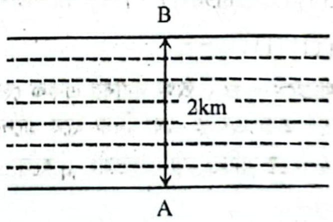
বা, $\tan\theta = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\therefore \theta = 210°$

(যেহেতু sinθ, cosθ উভয়ের মান ঋণাত্মক, তাই θ ৩য় চতুর্ভাগে অবস্থিত
সুতরাং, বল প্রয়োগের ফলে বস্তুকণাটি OX এর দিকের সাথে 21
কোণে; অন্যকথায়, OX' এর দিকের সাথে নিচের দিকে (210° – 18
= 30° কোণে গতিশীল হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং

স্রোতের অনুকূলে নৌকার বেগ 20 kmh^{-1} এবং স্রোতের প্রতিকূ নৌকার বেগ 10 kmh^{-1}। নদীর বিস্তার 2 km।



ক. কার্ল এর সংজ্ঞা দাও।

খ. $\vec{r} = 5\hat{i} + 3\hat{j}$ একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর– ব্যাখ্যা করো।

গ. A হতে সোজা অপর পাড়ের B বিন্দুতে পৌছতে নৌকাটিকে কোন দিকে চালনা করতে হবে?

ঘ. নদী পার হওয়ার জন্য নৌকাটি যদি A বিন্দু হতে সোজা রওয়ানা করতো তাহলে নদী পার হতে পূর্বের চেয়ে সময় না বেশি লাগতো? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্ল হলো কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত একটি ভেক্টর রাশি, যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দি প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে।

খ যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট (যা ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্তন করা যায় না) তাকে সীমাবদ্ধ (Localised vector) ভেক্টর বলে।

$\vec{r} = 5\hat{i} + 3\hat{j}$ একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর। কেননা $\vec{r}$ ভেক্টরটির পাদবিন্দু প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দুতে, যা অপরিবর্তনীয়। এই পাদবিন্দু ইচ্ছামত পরিবর্তন করা যাবে না।

গ স্রোতের অনুকূলে নৌকার বেগ = 20 kmh^{-1}

$v + u = 20$ ... ... (i)

অনুরূপভাবে, স্রোতের প্রতিকূলে,

নৌকার বেগ = 10 kmh^{-1}

$\therefore v - u = 10$ ... ... (ii)

এখানে

নৌকার বেগ = v

স্রোতের বেগ = u

(i) + (ii) থেকে পাই,

$$2v = 30$$

$$\therefore v = 15\ \text{kmh}^{-1}$$

আবার, (i) হতে পাই,

$$u = 20 - v = 20 - 15 = 5\ \text{km h}^{-1}$$

A থেকে সোজা অপর পাড়ের B বিন্দুতে পৌছাতে হলে লব্ধি কোণ $\theta = 90°$ হবে।

ধরি, B বিন্দুতে পৌছাতে নৌকাটিকে স্রোতের সাথে α কোণে চালনা করতে হবে।

$\therefore$ নৌকার লব্ধি বেগের দিক,

$$\tan\theta = \frac{v\sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$$

বা, $\tan 90° = \dfrac{15\sin\alpha}{5 + 15\cos\alpha}$

বা, $5 + 15\cos\alpha = 0 \quad \left[\because \dfrac{1}{\tan 90°} = 0\right]$

$\therefore \quad \alpha = \cos^{-1}\left(\dfrac{-5}{15}\right) = 109.47°$

সুতরাং, A হতে সোজা অপর পাড়ের B বিন্দুতে পৌছতে হলে নৌকাটিকে স্রোতের সাথে 109.47° কোণে চালনা করতে হবে। **(Ans.)**

ঘ **১ম ক্ষেত্র:** সোজা B বিন্দুতে পৌছানোর জন্য প্রয়োজনীয় সময়,

$$t_1 = \frac{d}{v\sin\alpha}$$

বা, $t_1 = \dfrac{2}{15\sin 109.47°}$

বা, $t_1 = 0.141$ h (প্রায়)

$\therefore \quad t_1 = 8.46$ min (প্রায়)

এখানে

$d = 2$ km

$v = 15\ \text{kmh}^{-1}$

$\alpha = 109.47°$

[গ থেকে প্রাপ্ত]

২য় ক্ষেত্র: B বিন্দু অভিমুখে রওনা হলে,

প্রয়োজনীয় সময়,

$$t_2 = \frac{d}{v\sin\alpha}$$

বা, $t_2 = \dfrac{2}{15\sin 90°}$

বা, $t_2 = 0.133$ h

$\therefore \quad t_2 = 8$ min

এখানে

$\alpha = 90°$

যেহেতু $t_2 < t_1$

সুতরাং, নদী পার হওয়ার জন্য নৌকাটি যদি A বিন্দু থেকে সোজাসুজি রওনা করতো তাহলে নদী পার হতে পূর্বের চেয়ে সময় কম লাগতো।

প্রশ্ন ▸ ৮ **দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ❙ প্রশ্ন নং ৬**

$\vec{r} = ax\hat{i} + y\hat{j} + 2\hat{k}$

$\vec{P} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 4\hat{k}$

$\vec{Q} = 4\hat{i} + 4\hat{j} - \hat{k}$

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. $\hat{j} \times \hat{k}$ একটি একক ভেক্টর– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. a এর মান কত হলে $\vec{r}$ ভেক্টরের ক্ষেত্রটি সলিনয়ডাল হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. $\vec{P} \times \vec{Q}$ ভেক্টর ক্ষেত্রটি ঘূর্ণনশীল না অঘূর্ণনশীল– গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ আমরা জানি, $\bar{A} \times \bar{B} = \hat{\eta}\,AB\sin\theta$

সুতরাং $\hat{j} \times \hat{k} = \hat{\eta}\,(1)\,(1)\,(\sin 90°)$ [$\because \hat{j}$ ও $\hat{k}$ পরস্পর লম্ব]

$$= \hat{\eta}\,(1)\,(1)\,(1) = \hat{\eta}$$

$\hat{j}$ ও $\hat{k}$ হচ্ছে যথাক্রমে Y ও Z-অক্ষ বরাবর একক ভেক্টর এবং $\hat{i}$ হচ্ছে X-অক্ষ বরাবর আয়ত একক ভেক্টর। Y-অক্ষ থেকে Z-অক্ষের দিকে একটি ডানহাতি স্ক্রুকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘুরালে তা X-অক্ষের ধনাত্মক দিক বরাবর অগ্রসর হয় তাই $\hat{j} \times \hat{k}$ এর দিক ধনাত্মক X-অক্ষ বরাবর। উপর্যুক্ত $\hat{\eta}$ x-অক্ষ বরাবর একক ভেক্টরকে নির্দেশ করছে। যা $\hat{i}$ এর সমান। অর্থাৎ, $\hat{j} \times \hat{k} = \hat{i}$। যেহেতু $\hat{i} = \hat{j} \times \hat{k}$ এর মান 1 একক।

অতএব, $\hat{j} \times \hat{k}$ একটি একক ভেক্টর।

গ ক্ষেত্রটি সলিনয়ডাল হলে $\vec{r}$ ভেক্টরের ডাইভারজেন্স শূন্য হবে।

অর্থাৎ $\vec{\nabla}.\vec{r} = 0$

বা, $\left(\hat{i}\dfrac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\dfrac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\dfrac{\partial}{\partial z}\right).(ax\hat{i} + y\hat{j} + 2\hat{k}) = 0$

বা, $\dfrac{\partial}{\partial x}(ax) + \dfrac{\partial}{\partial y}(y) + \dfrac{\partial}{\partial z}(2) = 0$

বা, $a + 1 + 0 = 0$

$\therefore a = -1$

এখানে,

$\vec{\nabla} = \hat{i}\dfrac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\dfrac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\dfrac{\partial}{\partial z}$

$\vec{r} = ax\hat{i} + y\hat{j} + 2\hat{k}$

অতএব, a এর মান – 1 হলে,

$\vec{r}$ ভেক্টরের ক্ষেত্রটি সলিনয়ডাল হবে। **(Ans.)**

ঘ ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনশীলতা তার কার্লের উপর নির্ভর করে। যদি কোনো ভেক্টরের কার্ল শূন্য হয়, তবে ঐ ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল ও সংরক্ষণশীল হয়। অন্যথায়, ভেক্টরটি ঘূর্ণনশীল ও অসংরক্ষণশীল হবে।

এখন, $\vec{P} \times \vec{Q} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 4 & -1 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(-3 - 16) - \hat{j}(-2 - 16) + \hat{k}(8 - 12)$

$= -19\hat{i} + 18\hat{j} - 4\hat{k}$

এখানে,

$\vec{P} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 4\hat{k}$

$\vec{Q} = 4\hat{i} + 4\hat{j} - \hat{k}$

$\bar{\nabla} = \hat{i}\dfrac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\dfrac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\dfrac{\partial}{\partial z}$

$\therefore \vec{P} \times \vec{Q} = ?$

এখন, $\vec{P} \times \vec{Q}$ এর কার্ল,

$$\vec{\nabla} \times (\vec{P} \times \vec{Q}) = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \dfrac{\partial}{\partial x} & \dfrac{\partial}{\partial y} & \dfrac{\partial}{\partial z} \\ -19 & 18 & -4 \end{vmatrix}$$

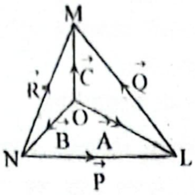
$$= \hat{i}\left[\frac{\partial}{\partial y}(-4) - \frac{\partial}{\partial z}(18)\right] - \hat{j}\left[\frac{\partial}{\partial x}(-4) - \frac{\partial}{\partial z}(-19)\right] + \hat{k}\left[\frac{\partial}{\partial x}(18) - \frac{\partial}{\partial y}(-19)\right]$$

$$= \hat{i}.0 - \hat{j}.0 + \hat{k}.0 = 0$$

যেহেতু $\vec{\nabla} \times (\vec{P} \times \vec{Q}) = 0$

সুতরাং, $\vec{P} \times \vec{Q}$ ভেক্টর ক্ষেত্রটি অঘূর্ণনশীল।

প্রশ্ন ▸ ৯ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ১



$\vec{C}$ ভেক্টরটি $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরের উপর লম্ব।
$\vec{A} = -\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}$ এবং $\vec{B} = 2\hat{i} - 2\hat{j} - 2\hat{k}$.

ক. সীমাবদ্ধ ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. বল ও সরণ ভেক্টর রাশি হলেও কাজ স্কেলার রাশি কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ভেক্টর $\vec{C}$ বরাবর একক ভেক্টর নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুযায়ী গাণিতিকভাবে যাচাই কর যে, $\vec{P} + \vec{Q} = \vec{R}$ ।৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট বা যে ভেক্টরের পাদবিন্দু ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্তন করা যায় না, তাকে সীমাবদ্ধ ভেক্টর বলে।

খ সংজ্ঞানুযায়ী বল ও বলের দিকে বস্তুর সরণের উপাংশের গুণফলই কাজ। অর্থাৎ, কোনো কণার উপর F বল প্রয়োগ করায় যদি তার $\vec{F}$ এর সাথে θ কোণে $\vec{S}$ সরণ হয় তবে, সংজ্ঞানুসারে কাজ,

$$W = FS\cos\theta = \vec{F}\cdot\vec{S};$$ [স্কেলার গুণনের সংজ্ঞানুসারে]

আমরা জানি, দুটি ভেক্টর রাশির ডট বা স্কেলার প্রোডাক্ট একটি স্কেলার হয়। দুটি ভেক্টর রাশি বল ও সরণের স্কেলার গুণনে কাজ পাওয়া যায় বলে, কাজ একটি স্কেলার রাশি।

গ যেহেতু $\vec{C}$ ভেক্টরটি $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের উপর লম্ব।
∴ $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর লম্ব বরাবর বরাবর একক ভেক্টর,

$$\hat{\eta} = \pm\frac{\vec{A}\times\vec{B}}{|\vec{A}\times\vec{B}|}$$

এখানে, $\vec{A}\times\vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -1 & -3 & 2 \\ 2 & -2 & -2 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(6+4) - \hat{j}(2-4) + \hat{k}(2+6)$

$= 10\hat{i} + 2\hat{j} + 8\hat{k}$

এখানে,
$\vec{A} = -\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}$
$\vec{B} = 2\hat{i} - 2\hat{j} - 2\hat{k}$

$\therefore |\vec{A}\times\vec{B}| = \sqrt{10^2 + 2^2 + 8^2}$

$= 2\sqrt{42}$

$\therefore \hat{\eta} = \pm\frac{10\hat{i} + 2\hat{j} + 8\hat{k}}{2\sqrt{42}}$

$= \pm\left(\frac{5}{\sqrt{42}}\hat{i} + \frac{1}{\sqrt{42}}\hat{j} + \frac{4}{\sqrt{42}}\hat{k}\right)$

চিত্র অনুযায়ী $\vec{C}$ ভেক্টরটির দিক $\vec{B}\times\vec{A}$ বরাবর, বা $-(\vec{A}\times\vec{B})$ বরাবর।
তাই, $\vec{C} = -\left(\frac{5}{\sqrt{42}}\hat{i} + \frac{1}{\sqrt{42}}\hat{j} + \frac{4}{\sqrt{42}}\hat{k}\right)$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' নং হতে পাই $-(\vec{A}\times\vec{B}) = -(10\hat{i} + 2\hat{j} + 8\hat{k}) = \vec{C}$

ΔONL-এ, ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ বিধি অনুসারে, $\vec{B} + \vec{P} = \vec{A}$

$\therefore \vec{P} = \vec{A} - \vec{B}$

$= (-\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}) - (2\hat{i} - 2\hat{j} - 2\hat{k})$

$= -3\hat{i} - \hat{j} + 4\hat{k}$

এখানে,
$\vec{A} = -\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}$
$\vec{B} = 2\hat{i} - 2\hat{j} - 2\hat{k}$

আবার, ΔOML-এ, ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ বিধি অনুসারে, $\vec{A} + \vec{Q} =$

$\therefore \vec{Q} = \vec{C} - \vec{A}$

$= -(10\hat{i} + 2\hat{j} + 8\hat{k}) - (-\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k})$

$= -9\hat{i} + \hat{j} - 10\hat{k}$

আবার, ΔOMN-এ, ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ বিধি অনুসারে, $\vec{B} + \vec{R} =$

$\therefore \vec{R} = \vec{C} - \vec{B}$

$= -(10\hat{i} + 2\hat{j} + 8\hat{k}) - (2\hat{i} - 2\hat{j} - 2\hat{k})$

$= -12\hat{i} - 6\hat{k}$

$\therefore$ L.H.S $= \vec{P} + \vec{Q}$

$= (-3\hat{i} - \hat{j} + 4\hat{k}) + (-9\hat{i} + \hat{j} - 10\hat{k})$

$= -12\hat{i} - 6\hat{k} = \vec{R} =$ R.H.S

সুতরাং উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখা যাচ্ছে যে, $\vec{P} + \vec{Q} =$

প্রশ্ন ▸ ১০ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন

1 km প্রস্থ একটি নদীর তীর বরাবর $4 ms^{-1}$ বেগে একটি গতিশীল। নদীর অপর তীর হতে এক ব্যক্তি সোজাসুজি দেখতে পেয়ে বাসটি ধরার জন্য স্রোতের সাথে 70° কোণে 6 বেগে নৌকাযোগে রওনা দিলো। নদীতে স্রোতের বেগ $2 ms^{-1}$।

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে?
খ. $|\vec{A}\times\vec{B}| = \vec{A}\cdot\vec{B}$ হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো।
গ. নৌকার লব্ধি বেগ কত ছিল?
ঘ. লোকটির পক্ষে বাসটি ধরা সম্ভব হবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণ করো।

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান বলে।

খ $|\vec{A}\times\vec{B}| = \vec{A}\cdot\vec{B}$ হলে,

$AB\sin\theta = AB\cos\theta$

বা, $\tan\theta = 1$

বা, $\theta = \tan^{-1}(1)$

$\therefore \theta = 45°$ বা $225°$

অর্থাৎ $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ 45° বা 225° হলে, $|\vec{A}$
$= \vec{A}\cdot\vec{B}$ হবে।

গ

আমরা জানি,
লব্ধি বেগ,

$R = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv\cos\alpha}$

$= \sqrt{2^2 + 6^2 + 2\times2\times6\times\cos 70°}$

$= 6.94\ ms^{-1}$

এখানে,
স্রোতের বেগ, $u = 2\ ms^{-1}$
নৌকার বেগ, $v = 6\ ms^{-1}$
স্রোতের সাথে নৌকার বে
দিক, $\alpha = 70°$

এবং,

$\tan\theta = \frac{v\sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\frac{v\sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$

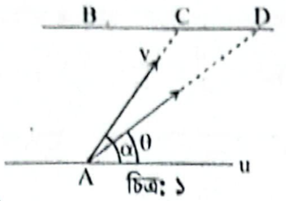
বা, $\theta = \tan^{-1}\frac{6\sin70°}{2 + 6\cos70°}$

$\therefore \theta = 54.29°$

∴ লব্ধি বেগের মান $6.94\ ms^{-1}$ এবং এটি স্রোতের দিকের 54.29° কোণ উৎপন্ন করে। **(Ans.)**

ঘ ধরি, ঐ ব্যক্তি AC বরাবর রওনা দিয়ে AD বরাবর D বিন্দুতে পৌছায়।

অপর পাড়ে পৌছাতে প্রয়োজনীয় সময়,



চিত্র: ১

$$t = \frac{d}{v\sin\alpha} = \frac{1000}{6\sin 70^\circ} = 177.36\text{ s}$$

এখানে,
নদীর প্রস্থ, $d = 1\text{ km} = 1000\text{ m}$
নৌকার বেগ, $v = 6\text{ ms}^{-1}$
স্রোতের সাথে নৌকার কোণ, $\alpha = 70^\circ$

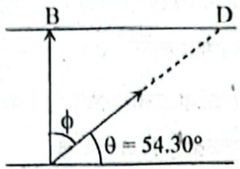
নৌকার লব্ধি বেগ স্রোতের দিকের সাথে $\theta = 54.3^\circ$ কোণ উৎপন্ন করে। ['গ' হতে]

চিত্র-2 থেকে, $\phi = 90^\circ - \theta = 90^\circ - 54.30^\circ = 35.70^\circ$

ΔABD-এ, $\tan\phi = \frac{BD}{AB}$

বা, $\tan 35.70^\circ = \frac{BD}{1000}$

$\therefore BD = 718.57\text{ m}$



চিত্র: ২

অর্থাৎ, 177.36 s এ বাস যদি 718.57 m এর সমান বা তার কম দূরত্ব অতিক্রম করে, তাহলে লোকটির পক্ষে বাস ধরা সম্ভব হবে।

এখন, বাসের অতিক্রান্ত দূরত্ব,

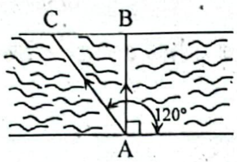
$$s = v_B \times t = (4 \times 177.36)\text{ m} = 709.44\text{ m}$$

এখানে,
বাসের বেগ,
$v_B = 4\text{ ms}^{-1}$

যেহেতু $s < BD$

সুতরাং লোকটির পক্ষে বাসটি ধরা সম্ভব হবে।

প্রশ্ন ▸ ১১ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ১**



AB বরাবর সুজনের নৌকার বেগ = 6 ms^{-1}
AC বরাবর কুবেরের নৌকার বেগ = 5.5 ms^{-1}
CB বরাবর স্রোতের বেগ = 1.2 ms^{-1}
নদীর প্রস্থ, AB = 400 m.

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কুবেরের নৌকা প্রকৃতপক্ষে কত মানের বেগে অপর পাড়ে পৌছাল? নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সুজন ও কুবেরের মধ্যে কে আগে অপর পাড়ে পৌছাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ ট্রলি ব্যাগ ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজতর এবং ট্রলিব্যাগ টানার সময় হাতল লম্বা রাখা হয়। এর মূল কারণ হলো, একই F বলে টানলেও, হাতল লম্বা হলে সেটি টানার সময় অনুভূমিকের সাথে ক্ষুদ্র কোণ উৎপন্ন করে। ফলে অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ এর মান বেশি হবে। কারণ θ মান ক্ষুদ্র হলে, $\cos\theta$ এর মান বৃদ্ধি পাবে।

অর্থাৎ, এক্ষেত্রে ভূমি বরাবর টান বলের উপাংশ বেশি হয়, যার ফলে ব্যাগটি সহজেই টেনে নেওয়া যায়। এজন্য ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয়।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 5.01 ms^{-1}।

ঘ

নদী পার হবার ক্ষেত্রে কুবেরের প্রয়োজনীয় সময় t_1 হলে,

$$t_1 = \frac{d}{u_1\sin\alpha_1} = \frac{400}{5.5\sin 120^\circ} = 83.98\text{ s}$$

নদী পার হবার ক্ষেত্রে স্রোতের দিকের সাথে কুবেরের চলমান নৌকার কোণ, $\alpha_1 = 120^\circ$
নদীর প্রস্থ, $d = 400\text{ m}$
কুবেরের নৌকার বেগ, $u_1 = 5.5\text{ ms}^{-1}$

এখন, নদী পার হবার ক্ষেত্রে সুজনের প্রয়োজনীয় সময় t_2 হলে,

$$t_2 = \frac{d}{u_2\sin\alpha_2} = \frac{400}{6\sin 90^\circ} = 66.67\text{ s}$$

সুজনের নৌকার বেগ, $u_2 = 6\text{ ms}^{-1}$
স্রোতের দিকের সাথে সুজনের নৌকার বেগের কোণ, $\alpha_2 = 90^\circ$

দেখা যাচ্ছে, $t_2 < t_1$

সুতরাং বলা যায়, সুজন ও কুবেরের মধ্যে সুজন আগে অপর পাড়ে পৌছাবে।

প্রশ্ন ▸ ১২ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৮**

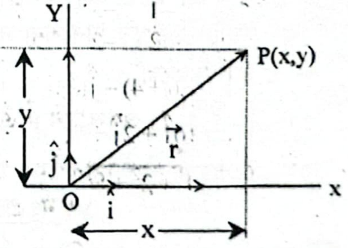
তিনটি বিন্দু P, Q ও R এর স্থানাঙ্ক যথাক্রমে P(2, −1, 3), Q(3, −1, 2) এবং R(1, −3, 5).

ক. কালিক পর্যাবৃত্ততা এর সংজ্ঞা দাও। ১
খ. অবস্থান ভেক্টর একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. $\overrightarrow{PQ}$ ও $\overrightarrow{PR}$ এর মধ্যবর্তী কোণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. "বিন্দুগুলো দ্বারা গঠিত অবস্থান ভেক্টরগুলো একই তলে আছে কিনা"– তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যায়বৃত্তির পর্যায়কাল যদি একটি নির্দিষ্ট সময় সাপেক্ষ্য হয়, তবে তাকে কালিক পর্যায়ক্রম অথবা কালিক পর্যায়বৃত্ততা বলে। কালিক পর্যায়বৃত্ততা হলো সেই সকল ঘটনা যা একটি নির্দিষ্ট সময় পর পর পুনরাবৃত্তি ঘটে।

খ কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে মূলবিন্দু ধরে যে ভেক্টর অঙ্কন করা হয় তাকে সীমাবদ্ধ ভেক্টর বলে। আবার, প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দুর সাপেক্ষে যে ভেক্টর দিয়ে কোনো বিন্দুর অবস্থান নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।



চিত্রে O প্রসঙ্গ কাঠামো XY এর মূলবিন্দু। P(x, y) যেকোনো বিন্দু। $\overrightarrow{OP}$ ভেক্টরটি O বিন্দুর সাপেক্ষে P বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর। একে $\vec{r}$ দিয়ে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং $\overrightarrow{OP} = \vec{r}$.

প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দু থেকে ধনাত্মক X ও Y অক্ষ বরাবর দূরত্ব যথাক্রমে x ও y এবং একক ভেক্টর $\hat{i}$ ও $\hat{j}$ হলে,

দ্বিমাত্রিক অবস্থান ভেক্টর, $\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j}$

যেহেতু; অবস্থান ভেক্টর অঙ্কন করা হয় একটি বিন্দুকে মূলবিন্দু ধরে। তাই এ ভেক্টর সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

গ এখানে, P, Q ও R বিন্দুর স্থানাঙ্ক যথাক্রমে P(2, −1, 3) Q(3, −1, 2) এবং R(1, −3, 5)

$\therefore \overrightarrow{OP} = 2\hat{i} - \hat{j} + 3\hat{k}$, $\overrightarrow{OQ} = 3\hat{i} - \hat{j} + 2\hat{k}$ এবং $\overrightarrow{OR} = \hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}$

সুতরাং, $\overrightarrow{PQ} = \overrightarrow{OQ} - \overrightarrow{OP} = (3-2)\hat{i} + \{-1-(-1)\}\hat{j} + (2-3)\hat{k} = \hat{i} - \hat{k}$

এবং $\overrightarrow{PR} = \overrightarrow{OR} - \overrightarrow{OP} = (1-2)\hat{i} + \{-3-(-1)\}\hat{j} + (5-3)\hat{k} = -\hat{i} - 2\hat{j} + 2\hat{k}$

$|\overrightarrow{PQ}| = \sqrt{(1)^2+0^2+(-1)^2} = \sqrt{1+1} = \sqrt{2}$ একক

$|\overrightarrow{PR}| = \sqrt{(-1)^2+(-2)^2+(2)^2} = \sqrt{1+4+4} = \sqrt{9} = 3$ একক

$\overrightarrow{PQ}$ ও $\overrightarrow{PR}$ এর মধ্যবর্তী কোণ θ হলে, $|\overrightarrow{PQ}|\,|\overrightarrow{PR}|\cos\theta = \overrightarrow{PQ}.\overrightarrow{PR}$

বা, $\sqrt{2}\times 3\cos\theta = (\hat{i}-\hat{k}).(-\hat{i}-2\hat{j}+2\hat{k})$

বা, $3\sqrt{2}\cos\theta = -1-2 = -3$

বা, $\cos\theta = -\frac{1}{\sqrt{2}}$

বা, $\theta = \cos^{-1}\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 135°$

সুতরাং $\overrightarrow{PQ}$ ও $\overrightarrow{PR}$ এর মধ্যবর্তী 135° **(Ans.)**

ঘ এখানে, P, Q ও R এর স্থানাঙ্ক যথাক্রমে P(2, −1, 3), Q(3, −1, 2) এবং R(1, −3, 5)

সুতরাং P, Q ও R এর অবস্থান ভেক্টর যথাক্রমে

$\overrightarrow{OP} = \vec{A} = 2\hat{i} - \hat{j} + 3\hat{k}$,

$\overrightarrow{OQ} = \vec{B} = 3\hat{i} - \hat{j} + 2\hat{k}$ এবং

$\overrightarrow{OR} = \vec{C} = \hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}$

$\vec{A}$, $\vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টর তিনটি সমতলীয় হবে যদি $\vec{A}.(\vec{B}\times\vec{C}) = 0$ হয়

এখানে, $\vec{B}\times\vec{C} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & -1 & 2 \\ 1 & -3 & 5 \end{vmatrix}$

$$= \hat{i}(-5+6) - \hat{j}(15-2) + \hat{k}(-9+1)$$
$$= \hat{i} - 13\hat{j} - 8\hat{k}$$

এখন, $\vec{A}.(\vec{B}\times\vec{C}) = (2\hat{i}-\hat{j}+3\hat{k}).(\hat{i}-13\hat{j}-8\hat{k})$

$$= 2+13-24 = -9 \neq 0$$

অর্থাৎ, $A.(\vec{B}\times\vec{C}) \neq 0$

সুতরাং বিন্দুগুলো দ্বারা গঠিত অবস্থান ভেক্টরগুলো একই তলে নেই।

প্রশ্ন ▸ ১৩ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ১

ভেক্টর $\vec{P} = (9xy^2+5z)\hat{i} + (4y^2+2xz)\hat{j} + (3x^3+2y)\hat{k}$

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. দুইটি ভেক্টরের মান শূন্য না হলেও ডট গুণন শূন্য হতে পারে- ব্যাখ্যা করো। ২

গ. (− 1, 1, 1) অবস্থানে $\vec{P}$ এর ডাইভারজেন্স নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ভেক্টর $\vec{P}$ কী অঘূর্ণনশীল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ দুটি ভেক্টরের মান শূন্য না হলেও ডট গুণন শূন্য হতে পারে। দুটি ভেক্টর যদি $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ হয় এবং এদের মধ্যবর্তী কোণ θ হয় তবে, $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর ডট গুণন $\vec{A}.\vec{B} = |\vec{A}|\,|\vec{B}|\cos\theta$

এখানে, $|\vec{A}|$ ও $|\vec{B}|$ এর কোনটিই যদি শূন্য না হয় তবে ডট গুণফল শূন্য হবে যদি cosθ = 0 হয়, অর্থাৎ θ = 90° হয়। সুতরাং যদি ভেক্টর দুটি পরস্পর লম্ব হয় তবে তাদের ডট গুণফল শূন্য হবে।

গ দেওয়া আছে,

$\vec{P} = (9xy^2+5z)\hat{i} + (4y^2+2xz)\hat{j} + (3x^3+2y)\hat{k}$

আমরা জানি, $\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}$

সুতরাং, $\vec{P}$ ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স,

$\vec{\nabla}.\vec{P} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right).\{(9xy^2+5z)\hat{i} + (4y^2+2xz)\hat{j} + (3x^3$

$$= \frac{\partial}{\partial x}(9xy^2+5z) + \frac{\partial}{\partial y}(4y^2+2xz) + \frac{\partial}{\partial z}(3x^3+2y)$$
$$= 9y^2 + 8y$$

এখন, (−1, 1, 1) বিন্দুতে $\vec{P}$ ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স,

$\vec{\nabla}.\vec{P} = 9(1)^2 + 8(1) = 9 + 8 = 17$

∴ (−1, 1, 1) বিন্দুতে $\vec{P}$ ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স হলো 17। (A

ঘ দেওয়া আছে,

$\vec{P} = (9xy^2+5z)\hat{i} + (4y^2+2xz)\hat{j} + (3x^3+2y)\hat{k}$

আমরা জানি, $\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}$

কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের কার্ল শূন্য হলে, ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রটি অঘূর্ণন

সুতরাং, $\vec{P}$ এর কার্ল,

$$\text{Curl }\vec{P} = \vec{\nabla}\times\vec{P} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 9xy^2+5z & 4y^2+2xz & 3x^3+2y \end{vmatrix}$$

$= \hat{i}\left\{\frac{\partial}{\partial y}(3x^3+2y) - \frac{\partial}{\partial z}(4y^2+2xz)\right\} - \hat{j}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(3x^3+2y) - \frac{\partial}{\partial z}(9xy^2\right.$

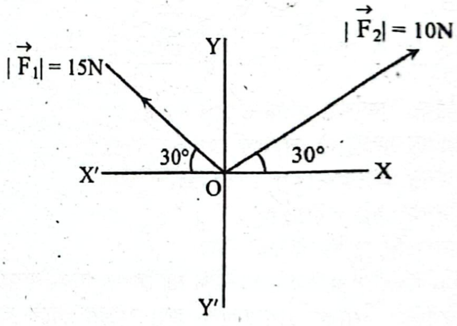
$+\hat{k}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(4y^2+2xz) - \frac{\partial}{\partial y}(9xy^2\right.$

$= \hat{i}(2-2x) - \hat{j}(9x^2-5) + \hat{k}(2z-18xy) \neq 0$

দেখা যাচ্ছে, $\vec{\nabla}\times\vec{P} \neq 0$, তাই ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল নয়।

প্রশ্ন ▸ ১৪ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌প্র

নিচের উদ্দীপকটি পড় ও সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



ক. আয়ত একক ভেক্টর কী?

খ. একটি ভেক্টর রাশিকে কীরূপে স্কেলার রাশিতে রূপান্তর ব্যাখ্যা করো।

গ. F_1 এর ভেক্টর রূপ নির্ণয় করো।

ঘ. উদ্দীপকে $\vec{F_1}+\vec{F_2}$ এবং $\vec{F_1}-\vec{F_2}$ পরস্পর লম্ব কি-না? করো।

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, সেগুলোই একক ভেক্টর।

খ ডাইভারজেন্সের মাধ্যমে একটি ভেক্টর রাশিকে স্কেলার রূপান্তর করা যায়।

ভেক্টরের ডিফারেনশিয়াল অপারেটরের সাথে যদি কোনো ভেক্টর গুণন বা স্কেলার গুণন করা হয় তখন তাকে ডাইভারজেন্স বলে। কোনো স্থানের একটি এলাকায় প্রতিটি বিন্দুকে $\vec{v} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j}$

দ্বারা একটি অন্তরীকরণযোগ্য রাশি হিসেবে সংজ্ঞায়িত করা যায় তবে এর ডাইভারজেন্স $\vec{\nabla}.\vec{V} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right).(v_x\hat{i} + v_y\hat{j} + v_z\hat{k})$

$$= \frac{\partial}{\partial x}v_x + \frac{\partial}{\partial y}v_y + \frac{\partial}{\partial z}v_z$$

যা একটি স্কেলার রাশি। তাই বলা যায় ডাইভারজেন্সের মাধ্যমে একটি ভেক্টর রাশিকে স্কেলার রাশিতে রূপান্তর করা যাবে।

গ

$\vec{F_1}$ বলের আনুভূমিক বরাবর উপাংশ

$= |\vec{F_1}|\cos\theta = 15\cos 150° = -15.\frac{\sqrt{3}}{2}$

$\vec{F_1}$ বলের উলম্ব উপাংশ $= |\vec{F_1}|\sin\theta$

$= 15\sin 150° = 15 \times \frac{1}{2} = \frac{15}{2}$

এখানে,
$|\vec{F_1}| = 15$ N
X অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ,
$\theta = 180° - 30° = 150°$

সুতরাং, F_1 এর ভেক্টর রূপ, $\vec{F_1} = -\frac{15\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{15}{2}\hat{j}$ **(Ans.)**

ঘ

এখানে,
F_2 এর ভেক্টর রূপ,

$$\vec{F_2} = 10\cos 30°\,\hat{i} + 10\sin 30°\,\hat{j}$$
$$= \frac{10\sqrt{3}}{2}\hat{i} + 10 \times \frac{1}{2}\hat{j}$$
$$= 5\sqrt{3}\,\hat{i} + 5\,\hat{j}$$

এখানে,
'গ' হতে পাই,
$\vec{F_1} = -\frac{15\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{15}{2}\hat{j}$
$|\vec{F_2}| = 10$ N
X অক্ষের সাথে $|\vec{F_2}|$ ভেক্টরের কোণ = 30°

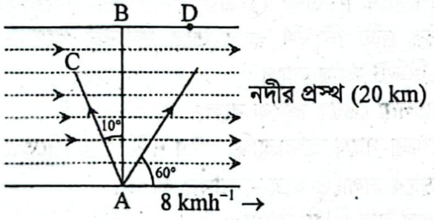
এখন, $\vec{F_1} + \vec{F_2} = -\frac{15\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{15}{2}\hat{j} + 5\sqrt{3}\,\hat{i} + 5\,\hat{j} = -\frac{5\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{25}{2}\hat{j}$

এবং $\vec{F_1} - \vec{F_2} = -\frac{15\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{15}{2}\hat{j} - 5\sqrt{3}\,\hat{i} - 5\,\hat{j} = -\frac{25\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{5}{2}\hat{j}$

$$(\vec{F_1} + \vec{F_2}).(\vec{F_1} - \vec{F_2}) = \left(\frac{-5\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{25}{2}\hat{j}\right).\left(\frac{-25\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{5}{2}\hat{j}\right)$$
$$= \frac{125 \times (\sqrt{3})^2}{4} + \frac{125}{4} = 125 \neq 0$$

যেহেতু ডট গুণফল শূন্য নয় তাই $(\vec{F_1} + \vec{F_2})$ ও $(\vec{F_1} - \vec{F_2})$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব নয়।

প্রশ্ন ▸ ১৫ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ১



একজন সাঁতারু AB এর সাথে 10° কোণে 16 kmh^{-1} বেগে সাঁতার কাটা শুরু করলো। নদীতে স্রোতের বেগ 8 kmh^{-1}। অপর সাঁতারু একই নদীতে একই বেগে স্রোতের সাথে 60° কোণে সাঁতার কাটা শুরু করলো।

ক. আয়ত একক ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ।—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম সাঁতারু B বিন্দুতে পৌছানোর উদ্দেশ্যে AC বরাবর রওয়ানা দিয়ে D বিন্দুতে পৌছালো, BD দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সাতারুদ্বয়ের মধ্যে কোন সাতাঁরু আগে অপর পাড়ে পৌছাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

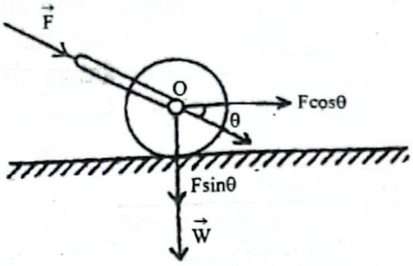
১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক অক্ষ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তাদেরকে আয়ত একক ভেক্টর বলে।

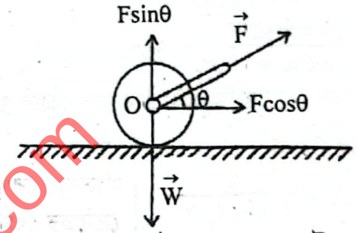
খ লন রোলার ঠেলার ক্ষেত্রে:
লন রোলারের ঠেলা সময় θ কোণে ভূমির সাথে F বল প্রয়োগ করা হলে তা দুইটি উপাংশে বিভক্ত হয়, যার একটি Fsinθ ওজন বরাবর কাজ করে।

∴ আপাত ওজন = W + F sinθ

এজন্য লন রোলার ঠেলার সময় আপাত ওজন বেড়ে যায় এবং লন রোলার ঠেলতে অসুবিধা হয়।



লন রোলার টানার ক্ষেত্রে:



এখানে, লন রোলার টানার সময় টান বল F এর উলম্ব উপাংশ ওজনের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে। ফলে এর লব্ধি ওজন হয় W – Fsinθ। এজন্য লন রোলার টানার সময় আপাত ওজন কমে যায় ফলে, লন রোলার টানার ক্ষেত্রে সুবিধা হয়।
তাই বলা যায়, লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 6.63 km।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: (90° + 10°) = 100° কোণে সাঁতার কাটা সাঁতারুর ক্ষেত্রে অপর প্রান্তে পৌছানোর সময় t_1 = 1.27 h এবং 60° কোণে সাঁতার কাটা সাঁতারুর ক্ষেত্রে অপর প্রান্তে পৌছানোর সময় t_2 = 1.44 h।
সুতরাং প্রথম সাঁতারুর আগে অপর পাড়ে পৌছাবে।

প্রশ্ন ▸ ১৬ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ১

1 km প্রস্থের একটি নদী পার হওয়ার জন্য দুইজন সাঁতারু, সাঁতার প্রতিযোগিতায় অংশগ্রহণ করে। প্রথম সাঁতারু 6 kmh^{-1} বেগে স্রোতের প্রতিকূলের সাথে 60° কোণে এবং দ্বিতীয় সাঁতারু 6 kmh^{-1} বেগে আড়াআড়িভাবে সাঁতার কাটা শুরু করে। নদীতে স্রোতের বেগ 3 kmh^{-1}।

ক. কৌণিক ভরবেগ কী? ১
খ. কী কী শর্তে কাজের মান শূন্য হতে পারে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম সাঁতারুর লব্ধি বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উক্ত প্রতিযোগিতায় কোন সাঁতারু আগে নদী পার হতে পারবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফল ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ।

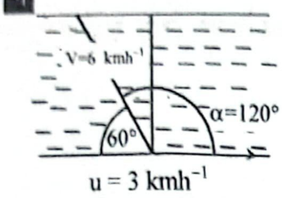
খ কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগে বস্তুর সরণ ঘটলে প্রযুক্ত বল ও বলের অভিমুখে সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে। কাজ হলো বল ও সরণের ডট গুণফল, অর্থাৎ $W = \vec{F}.\vec{s} = Fs\cos\theta$. কাজের সংজ্ঞা থেকে আমরা জানি বল ক্রিয়া করলেও,

i. যদি বলের প্রয়োগ বিন্দুর সরণ $s = 0$ হয়, তবে কাজ $W = 0$ হয়।

ii. যদি বলের প্রয়োগ বিন্দুর সরণ বলের অভিমুখের লম্বদিকে হয় অর্থাৎ $\theta = 90°$ হয়, তবে $\cos\theta = 0$ হবে, তখন $W = 0$ হয়।

তাই উপরিউক্ত দুটি শর্তে কাজের মান শূন্য হবে।

গ



আমরা জানি,

লব্ধি বেগের মান,

$$R = \sqrt{u^2+v^2+2uv\cos\theta}$$
$$= \sqrt{3^2+6^2+2\times3\times6\times\cos120°}$$
$$= \sqrt{9+36-18} = 3\sqrt{3}\ \text{kmh}^{-1}$$

লব্ধির দিক, $\tan\theta = \dfrac{v\sin\alpha}{u+v\cos\alpha}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\dfrac{6\sin120°}{3+6\cos120°}\right) = 90°$

∴ সাতারুর লব্ধি বেগ স্রোতের দিকের সাথে 90° কোণে $3\sqrt{3}\ \text{kmh}^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
প্রথম সাঁতারুর বেগ, $v = 6\ \text{kmh}^{-1}$
স্রোতের বেগ, $u = 3\ \text{kmh}^{-1}$
সাঁতারু ও স্রোতের মধ্যবর্তী কোণ,
$\alpha = 180° - 60° = 120°$
∴ প্রথম সাঁতারুর লব্ধি বেগ,
$R = ?$

ঘ প্রথম সাঁতারুর ক্ষেত্রে,

প্রয়োজনীয় সময়, $t_1 = \dfrac{d}{v_1\sin120°}$

$$= \frac{1}{6\frac{\sqrt{3}}{2}}$$
$$= 0.19\ \text{hr}$$

এখানে,
সাঁতারুর বেগ, $v_1 = 6\ \text{kmh}^{-1}$
স্রোতের বেগ, $u = 3\ \text{kmh}^{-1}$
মধ্যবর্তী কোণ, $\alpha = 120°$
নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময়, $t_1 = ?$
নদীর প্রস্থ, $d = 1$ km

দ্বিতীয় সাঁতারুর ক্ষেত্রে,

প্রয়োজনীয় সময়,

$$t_2 = \frac{d}{v\sin90°} = \frac{1}{6} = 0.17\ \text{hr}$$

যেহেতু, $t_1 > t_2$। অতএব, দ্বিতীয় সাঁতারু আগে নদী পার হতে পারবে।

এখানে,
সাঁতারুর বেগ, $v_1 = 6\ \text{kmh}^{-1}$
স্রোতের বেগ, $u = 3\ \text{kmh}^{-1}$
মধ্যবর্তী কোণ, $\alpha = 90°$
নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময়,
$t_2 = ?$

প্রশ্ন ▸ ১৭ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৮

একটি গাড়ির পেছনের গ্লাস ছাদের সাথে 30° কোণে হেলানো। গাড়িটি $\vec{v} = 18\hat{i}$ বেগে একটি রাস্তায় চলছিল। হঠাৎ বৃষ্টি $\vec{u} = -12\hat{j}$ বেগে পড়া শুরু হলো।

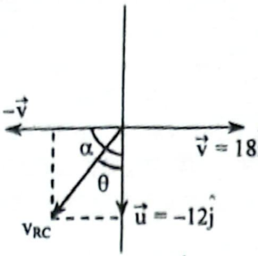
ক. শিশিরাংক কাকে বলে? ১
খ. দরজার হাতল প্রান্তে দেয়া হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গাড়ির সামনের গ্লাসে বৃষ্টি কত বেগে পড়বে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের গাড়ির পিছনের গ্লাস বৃষ্টিতে ভিজবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাংক বলে।

খ আমরা দরজার হাতলের অপর প্রান্তে কোনো বল প্রয়োগ করলে হাতলের প্রান্তে বিপরীতমুখী একটা বল সৃষ্টির মাধ্যমে দরজায় একটি টর্ক বা দ্বন্দ্বের সৃষ্টি হয়। আমরা জানি টর্ক, $\tau = r \times F$, এখানে ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগবিন্দুর দূরত্ব (r) বাড়লে সমপরিমাণ বল প্রয়োগে বেশি টর্ক পাওয়া সম্ভব এবং দরজাটিকে ঘুরানো সহজ হয়। এজন্য r এর মান বৃদ্ধিতে তথা টর্কের মান বাড়ানোর জন্য দরজার হাতল বা ঘূর্ণন অক্ষ মাঝে না রেখে প্রান্তে রাখা হয়।

গ



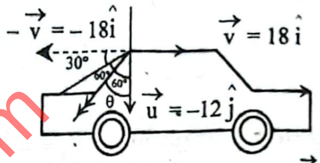
বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ,

$$v_{RC} = \sqrt{v^2+u^2+2uv\cos90°}$$
$$= \sqrt{18^2+(-12)^2+0}$$
$$= 21.63$$

অতএব, সামনের গ্লাসে বৃষ্টি 21.63 একক বেগে পড়বে। **(Ans.)**

এখানে,
গাড়ির বেগ, $\vec{v} = 18\hat{i}$
বৃষ্টির বেগ, $\vec{u} = -12\hat{j}$
কোণ, $\alpha = 90°$
গাড়ীর সামনের গ্লাসে প
বৃষ্টির বেগ, $\vec{v}_{RC} = ?$

ঘ খাড়াভাবে পতিত বৃষ্টির বেগের মান,



$u = |\vec{u}| = 12$ একক এবং গাড়ির বেগের মান, $v = |\vec{v}| = 18$ একক

যদি বৃষ্টির লব্ধি বেগ উল্লম্বের সাথে 60° কোণের থেকে কম বে আপতিত হয় তাহলে গাড়ির পেছনের গ্লাস ভিজে যাবে। অন্যথা ভিজবে না।

বৃষ্টির লব্ধি বেগের দিক θ হলে,

$$\tan\theta = \frac{v\sin90°}{u+v\cos90°} = \frac{v\times1}{u+v\times0} = \frac{v}{u}$$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\dfrac{v}{u}\right) = \tan^{-1}\left(\dfrac{18}{12}\right) = 56.31° < 60°$

যেহেতু বৃষ্টির লব্ধি বেগের দিক 60° থেকে কম সুতরাং গাড়িটির পেছনের গ্লাস বৃষ্টিতে ভিজবে।

প্রশ্ন ▸ ১৮ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ১
দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ১

$\vec{P} = 5\hat{i} + 3\hat{j} - m\hat{k}$ ও $\vec{Q} = \hat{i} + \hat{j} + 4\hat{k}$। এখানে $\vec{P}$ এবং $\vec{Q}$ পরস্পর লম্ব। যদি $\vec{P}$ এবং $\vec{Q}$ এর মান যথাক্রমে নৌকা এবং একটি নদীর স্রোতের দ্রুতি নির্দেশ করে তবে সর্বনিম্ন পথে নদী পার হতে নৌকাটির 2 মিনিট সময় লাগে।

ক. সমতলীয় ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. স্রোতের সাথে আড়াআড়ি ভাবে নদী পাড়ি দিতে নৌকা কীভাবে চালাতে হবে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. m এর মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি নৌকার মাঝি ন্যূনতম সময়ে নদী পার হতে চায় তবে সে নদীর প্রস্থ অপেক্ষা বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে কিনা— গাণিতিক মানের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুই বা ততোধিক ভেক্টর যদি একই সমতলে অবস্থিত হয় তবে তাদেরকে সমতলীয় ভেক্টর বলে।

খ ধরি, নদীতে নৌকার বেগ $\vec{v}$ এবং স্রোতের বেগ $\vec{u}$ এবং নৌকাটিকে স্রোতের সাথে α কোণে চালনা করলে নৌকাটি আড়াআড়িভাবে নদী পার হবে। অর্থাৎ লব্ধির দিক স্রোতের সাথে 90° হবে।

আমরা জানি, লব্ধির দিক, $\tan\theta = \dfrac{v\sin\alpha}{u+v\cos\alpha}$

বা, $\cot\theta = \dfrac{u+v\cos\alpha}{v\sin\alpha}$

$$\text{বা, } \cot 90° = \frac{u + v\cos\alpha}{v\sin\alpha}$$

$$\text{বা, } u + v\cos\alpha = 0$$

$$\text{বা, } v\cos\alpha = -u$$

$$\text{বা, } \cos\alpha = \left(\frac{-u}{v}\right)$$

$$\text{বা, } \alpha = \cos^{-1}\left(\frac{-u}{v}\right)$$

অর্থাৎ, নৌকাটিকে আড়াআড়িভাবে নদী পাড়ি দিতে স্রোতের সাথে $\cos^{-1}\left(-\frac{u}{v}\right)$ কোণে নৌকা চালনা করতে হবে।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2।

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নদীর প্রস্থ 8.94 একক এবং ন্যূনতম সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব 10.84 একক। অতএব, নৌকার মাঝি ন্যূনতম সময়ে নদী পার হতে চাইলে নদীর প্রস্থ অপেক্ষা বেশি পথ অতিক্রম করবে।

প্রশ্ন ▸ ১৯ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ১

$\vec{P} = 5\hat{i} + 3\hat{j} - m\hat{k}$; $\vec{Q} = \hat{i} + \hat{j} + 4\hat{k}$; এখানে $\vec{P}$ এবং $\vec{Q}$ পরস্পর লম্ব। যদি $\vec{P}$ এবং $\vec{Q}$ এর মান যথাক্রমে নৌকা এবং একটি নদীর স্রোতের দ্রুতি নির্দেশ করে তবে সর্বনিম্ন পথে নদী পার হতে নৌকাটির 2 মিনিট সময় লাগে।

ক. সমতলীয় ভেক্টরের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কোনো প্রবাহীর আয়তনের পরিবর্তন নির্ণয়ে ডাইভারজেন্স এর ভূমিকা আছে কি-না? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 'm' এর মান হিসাব করো। ৩

ঘ. যদি নৌকার মাঝি ন্যূনতম সময়ে নদী পার হতে চায় তবে সে নদীর প্রস্থ অপেক্ষা বেশি দূরত্ব অতিক্রম করবে কি-না? গাণিতিক পদ্ধতির সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুই বা ততোধিক ভেক্টর যদি একই সমতলে অবস্থিত হয় তবে তাদেরকে সমতলীয় ভেক্টর বলে।

খ কোনো প্রবাহীর আয়তনের পরিবর্তন নির্ণয়ে ডাইভারজেন্সের ভূমিকা আছে। নিচে ভূমিকাসমূহ দেওয়া হলো—

i. ডাইভারজেন্সের মান ধনাত্মক হলে, প্রবাহী পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়।

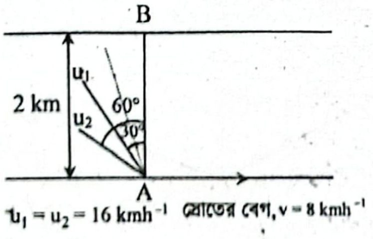
ii. ডাইভারজেন্সের মান ঋণাত্মক হলে, প্রবাহী পদার্থের আয়তনের সংকোচন ঘটে।

iii. ডাইভারজেন্সের মান শূন্য হলে ঐ পদার্থের আয়তনের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2।

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নদীর প্রস্থ 8.94 একক এবং ন্যূনতম সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব 10.84 একক। অতএব, নৌকার মাঝি ন্যূনতম সময়ে নদী পার হতে চাইলে নদীর প্রস্থ অপেক্ষা বেশি পথ অতিক্রম করবে।

প্রশ্ন ▸ ২০ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৪



চিত্রে একজন মাঝি A বিন্দু থেকে AB এর সাথে 30° কোণে 16 kmh^{-1} বেগে এবং আরেকজন মাঝি একই বিন্দু হতে একই বেগে AB এর সাথে 60° কোণে নদীতে নৌকা চালাচ্ছেন।

ক. স্কেলার ক্ষেত্র কাকে বলে? ১

খ. একটি বিপ্রতীপ ভেক্টরকে সমরেখ ভেক্টর বলা যাবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম মাঝির লব্ধি বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন মাঝি পার হতে কম দূরত্ব অতিক্রম করবে—গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ক্ষেত্রের সাথে সংশ্লিষ্ট রাশিগুলো যদি স্কেলার হয় তবে ঐ ক্ষেত্রকে স্কেলার ক্ষেত্র বলে।

খ একই দিকে ক্রিয়াশীল দুটি ভেক্টরের একটির মান অপরটির মানের বিপরীত হলে ভেক্টর দুটিকে পরস্পরের বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে। যেমন— $\vec{A} = A\,\hat{a}$ এবং $\vec{B} = \frac{1}{A}\hat{a}$ হলে $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর বিপ্রতীপ ভেক্টর।

যেহেতু বিপ্রতীপ ভেক্টরদ্বয় একই দিকে ক্রিয়াশীল তাই, বিপ্রতীপ ভেক্টরকে সমরেখ ভেক্টর বলা যেতে পারে।

গ আমরা জানি,

লব্ধি বেগ,

$$w = \sqrt{u_1^2 + v^2 + 2u_1 v\cos\alpha}$$

$$= \sqrt{16^2 + 8^2 + 2 \times 16 \times 8\cos 120°}$$

$$= 8\sqrt{3}\text{ kmh}^{-1}$$

এখানে,
১ম মাঝির নৌকার বেগ, $u_1 = 16$ kmh^{-1}
স্রোতের বেগ, $v = 8$ kmh^{-1}
নৌকা ও স্রোতের মধ্যবর্তী কোণ, $\alpha = 90° + 30° = 120°$
∴ প্রথম মাঝির লব্ধি বেগ, $w = ?$

এবং,

$$\tan\theta = \frac{u_1\sin\alpha}{v + u_1\cos\alpha} \quad \text{বা, } \theta = \tan^{-1}\frac{u_1\sin\alpha}{v + u_1\cos\alpha}$$

$$\text{বা, } \theta = \tan^{-1}\frac{16\sin 120°}{8 + 16\cos 120°}$$

$$\therefore \theta = 90°$$

∴ লব্ধি বেগের মান 8 ms^{-1} এবং এটি স্রোতের দিকের সাথে 90° কোণ উৎপন্ন করে। **(Ans.)**

ঘ ১ম মাঝির ক্ষেত্রে,

$$\text{প্রয়োজনীয় সময়, } t_1 = \frac{d}{u_1\sin 120°} = \frac{2}{16 \times \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2}{8\sqrt{3}}\text{ h}$$

'গ' হতে পাই, প্রথম মাঝির লব্ধি বেগ,
$W_1 = 8\sqrt{3}$ kmh^{-1}
মাঝির বেগ, $u_1 = 16$ kmh^{-1}
মধ্যবর্তী কোণ,
$\alpha = 90° + 30° = 120°$
প্রয়োজনীয় সময়, $t_1 = ?$
অতিক্রান্ত দূরত্ব, $d_1 = ?$
নদীর প্রস্থ, $d = 2$ km

$$\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব, } d_1 = w_1t_1 = 8\sqrt{3} \times \frac{2}{8\sqrt{3}}\text{ h} = 2\text{ km}$$

২য় মাঝির ক্ষেত্রে,

লব্ধি বেগ,

$$w_2 = \sqrt{u_2^2 + v^2 + 2u_2v\cos\alpha}$$

$$= \sqrt{16^2 + 8^2 + 2 \times 16 \times 8\cos 150°}$$

$$= 9.91\text{ kmh}^{-1}$$

প্রয়োজনীয় সময়,

$$t_2 = \frac{d}{u_2\sin 150°} = \frac{2}{16 \times \frac{1}{2}} = \frac{1}{4}\text{ h}$$

এখানে,
মাঝির বেগ, $u_2 = 16$ kmh^{-1}
স্রোতের বেগ,
$v = 8$ kmh^{-1}
মধ্যবর্তী কোণ, $\alpha = 90° + 60° = 150°$
লব্ধি বেগ, $w_2 = ?$
প্রয়োজনীয় সময়, $t_2 = ?$
অতিক্রান্ত দূরত্ব, $d_2 = ?$
নদীর প্রস্থ, $d = 2$ km

$$\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব, } d_2 = w_2t_2 = 9.91 \times \frac{1}{4} = 2.47\text{ km}$$

যেহেতু $d_2 > d_1$, অতএব ১ম মাঝি নদী পার হতে কম দূরত্ব অতিক্রম করবে।

প্রশ্ন ▶ ২১ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}$, $\vec{B} = \hat{i} + 2\hat{j} + 3\hat{k}$ এবং $\vec{C} = \hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$ ভেক্টরত্রয় মিলে একটি ত্রিমাত্রিক ক্ষেত্র গঠন করে।

ক. বিপ্রতীপ ভেক্টর কী? ১

খ. ঠেলার ক্ষেত্রে লন রোলারকে ভারী মনে হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

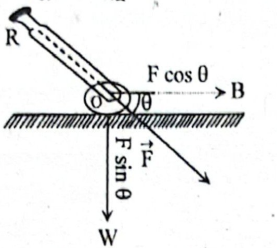
গ. $\vec{B}$ বরাবর $\vec{A}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. $\vec{A}, \vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টর তিনটি একই সমতলে অবস্থিত হবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমমুখী সমান্তরাল ভেক্টরের একটির মান অপরটির বিপরীত হলে এদেরকে পরস্পরের বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে।

খ ধরা যাক লন রোলারের হাতলের ওপর প্রযুক্ত বল $= \vec{F}$।
F বল রোলারের O বিন্দুতে অনুভূমিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে।



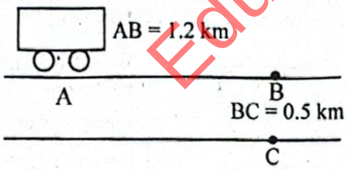
চিত্র: লন রোলার ঠেলা

লন রোলার ঠেলার সময় বলের অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ ভূমির সমান্তরালে ক্রিয়া করে। কিন্তু উল্লম্ব উপাংশ $F \sin\theta$ নিচের দিকে অর্থাৎ লন রোলারের ওজন W-এর দিকে ক্রিয়া করে। ফলে লন রোলারের ওজন বৃদ্ধি পেয়ে $W+F\sin\theta$ হয়। তাই লন রোলার ভারী মনে হয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.673।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** যেহেতু উদ্দীপকের $\vec{A}.(\vec{B} \times \vec{C}) = -4$, তাই বলা যায় $\vec{A}, \vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টরত্রয় সমতলীয় নয়।

প্রশ্ন ▶ ২২ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ১



চিত্রে BC নদীর কিনারা ঘেঁষে চলা একটি রাস্তা হলো AB। নদীতে স্রোতের বেগ 2 ms^{-1} এবং একজন মাঝি 4 ms^{-1} বেগে নৌকা চালাচ্ছেন। রাস্তায় গাড়ির বেগ 15 ms^{-1}। গাড়ি B স্টেশনে 40 s যাত্রা বিরতি দেয়।

ক. ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্রটি লেখ। ১

খ. ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা করার যৌক্তিকতা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মাঝি সর্বনিম্ন কত সময়ে নদী পাড়ি দিতে পারবে? ৩

ঘ. গাড়ি যখন A অবস্থানে তখন C অবস্থান থেকে B অবস্থানের উদ্দেশ্যে যাত্রা করা নৌকার যাত্রীরা গাড়িতে উঠতে পারবে কিনা? বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু বরাবর একইক্রমে দুটি ভেক্টর রাশি ক্রিয়াশীল হলে, ত্রিভুজের তৃতীয় বাহুটি বিপরীতক্রমে ভেক্টর দুটির লব্ধি নির্দেশ করবে।

খ ট্রলিব্যাগ টানার সময় হাতল লম্বা রাখা হয়। এর মূল কারণ হলো, একই F বলে টানলেও হাতল লম্বা হলে সেটি টানার সময় অনুভূমিকের সাথে ক্ষুদ্র কোণ উৎপন্ন করে। ফলে প্রযুক্ত বলের অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ এর মান বেশি হবে। কারণ θ এর মান ক্ষুদ্র হলে, $\cos\theta$ এর মান বেশি হয়। আর অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ বেশি হলে ট্রলি ব্যাগকে টানা বা সহজতর হবে। এজন্য ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয়।

গ সর্বনিম্ন সময়ে নদী পাড়ি দিতে হলে মাঝিকে স্রোতের সমকোণে অপর পাড়ের ঠিক বিপরীত বিন্দুর দিকে রওনা দিতে হবে

$t = \frac{d}{v \sin\theta}$

বা, $t = \frac{0.5 \times 1000}{4 \sin 90°}$

বা, $t = \frac{500}{4}$

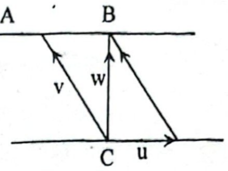
বা, $t = 125$ s

এখানে,
$d = BC$ = নদীর প্রস্থ = 0.5 km
$= 0.5 \times 1000$ m = 500 m
v = নৌকার বেগ = 4 ms^{-1}
θ = নৌকা ও স্রোতের মধ্যবর্তী কোণ = 90°
t = নদী পার হওয়ার জন্য সময় = ?

∴ t = 2 মিনিট 5 সেকেন্ড

∴ সর্বনিম্ন 2 মিনিট 5 সেকেন্ড সময়ে মাঝি নদী পাড়ি দিতে পারবে
(A

ঘ



মনে করি, নৌকাটি সোজাসুজি B অবস্থানে যেতে লব্ধি বেগ, w

∴ $v^2 = u^2 + w^2$

বা, $w^2 = v^2 - u^2$

বা, $w = \sqrt{4^2 - 2^2}$

∴ $w = 2\sqrt{3}$ ms^{-1}

এখানে,
স্রোতের বেগ, u = 2 ms^{-1}
নৌকার বেগ, v = 4 ms^{-1}
লব্ধি বেগ, w = ?

∴ B বিন্দুতে যেতে প্রয়োজনীয় সময় t′ হলে,

$t' = \frac{BC}{w}$

$= \frac{500}{2\sqrt{3}}$

$= 144.34$ s

এখানে,
নদীর প্রস্থ, BC = 0.5 km
= 500 m
সময়, t′ = ?

আবার, A অবস্থান হতে গাড়িটি B তে পৌছাতে প্রয়োজনীয় সময় t″ হলে

$t'' = \frac{AB}{15}$

বা, $t'' = \frac{1200}{15}$

∴ $t'' = 80$ s

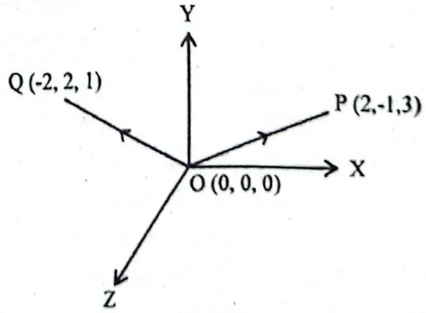
এখানে,
গাড়ির বেগ = 15 ms^{-1}
অতিক্রান্ত দূরত্ব, AB = 1.2 km = 1200

A অবস্থান থেকে B অবস্থানে পৌছানো এবং বিরতি সহ প্রয়োজনীয় সময় t_{total} হলে,

$t_{total} = t'' + 40 = 80 + 40 = 120$ s

$t_{total} < t'$, অর্থাৎ নৌকাটি B অবস্থানে আসার আগেই গাড়িটি B ছেড়ে চলে যাবে। তাই গাড়ি যখন A অবস্থানে তখন C অবস্থান B অবস্থানের উদ্দেশ্যে যাত্রা করা নৌকার যাত্রীরা গাড়িতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৩ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং



ক. স্কেলার অপেক্ষকের গ্রেডিয়েন্টের সংজ্ঞা লেখো। ১

খ. কাজ ও টর্ক এর একক অভিন্ন— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{PQ}$ ভেক্টরের সমান্তরাল একটি একক ভেক্টর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ΔOPQ সমকোণী ত্রিভুজ কিনা যাচাই করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্কেলার অপেক্ষকের কোনো বিন্দুতে পরিবর্তনের হারকে ঐ বিন্দুতে তার গ্রেডিয়েন্ট বলে।

খ আমরা জানি, কাজকে বল এবং বলের দিকে বস্তুর সরণের গুণফল দ্বারা প্রকাশ করা হয়। মনে করি, কৃতকাজ W, প্রয়োগকৃত বল F এবং বলের দিকে বস্তুর সরণ s.

তাহলে, $W = F.s$। আবার বলের একক N (নিউটন) এবং সরণের একক m (মিটার)। তাই কাজের একক Nm বা জুল।

টর্ককে প্রকাশ করা হয় নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়াশীল বল ও ঐ অক্ষ হতে বলের ক্রিয়ারেখার লম্ব দূরত্বের গুণফল দ্বারা। মনে করি, টর্ক τ, প্রয়োগকৃত বল F এবং লম্ব দূরত্ব r, তাহলে $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$। বলের একক N এবং সরণের একক m (মিটার)। এক্ষেত্রে টর্কের একক Nm.

সুতরাং কাজ ও টর্কের একক অভিন্ন।

গ মনে করি, P বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর $\overrightarrow{OP}$ এবং Q বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর $\overrightarrow{OQ}$।

$\overrightarrow{OP} = 2\hat{i} - \hat{j} + 3\hat{k}$ এবং $\overrightarrow{OQ} = -2\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}$

$$\therefore \overrightarrow{PQ} = \overrightarrow{OQ} - \overrightarrow{OP}$$
$$= (-2\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}) - (2\hat{i} - \hat{j} + 3\hat{k})$$
$$= -2\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k} - 2\hat{i} + \hat{j} - 3\hat{k}$$
$$= -4\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}$$

মনে করি, $\overrightarrow{PQ}$ ভেক্টরের সমান্তরাল একটি একক ভেক্টর $\hat{\eta}$

$$\hat{\eta} = \frac{\overrightarrow{PQ}}{|\overrightarrow{PQ}|} = \frac{-4\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}}{\sqrt{(-4)^2 + 3^2 + (-2)^2}}$$
$$= \frac{-4\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}}{\sqrt{29}} = -\frac{4}{\sqrt{29}}\hat{i} + \frac{3}{\sqrt{29}}\hat{j} - \frac{2}{\sqrt{29}}\hat{k}$$

$\therefore \overrightarrow{PQ}$ ভেক্টরের সমান্তরাল একটি একক ভেক্টর,

$$-\frac{4}{\sqrt{29}}\hat{i} + \frac{3}{\sqrt{29}}\hat{j} - \frac{2}{\sqrt{29}}\hat{k} \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

$|\overrightarrow{OP}| + |\overrightarrow{OQ}| = 6.74 > |\overrightarrow{PQ}|$

$|\overrightarrow{OP}| + |\overrightarrow{PQ}| = 9.13 > |\overrightarrow{OQ}|$

$|\overrightarrow{OQ}| + |\overrightarrow{PQ}| = 8.39 > |\overrightarrow{OP}|$

যেহেতু ত্রিভুজের যেকোনো দুই বাহুর সমষ্টি অপর বাহু হতে বৃহত্তর, তাই ΔOPQ ত্রিভুজ গঠন সম্ভব।

'গ' হতে পাই,

$\overrightarrow{OP} = 2\hat{i} - \hat{j} + 3\hat{k}$

$\overrightarrow{OQ} = -2\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}$

$\overrightarrow{PQ} = -4\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}$

$\therefore |\overrightarrow{OP}| = \sqrt{2^2 + (-1)^2 + 3^2} = \sqrt{14}$

$|\overrightarrow{OQ}| = \sqrt{(-2)^2 + 2^2 + 1^2} = 3$

$|\overrightarrow{PQ}| = \sqrt{(-4)^2 + 3^2 + (-2)^2} = \sqrt{29}$

এখন, ধরা যাক, $\overrightarrow{OP}$ এবং $\overrightarrow{OQ}$ এর মধ্যবর্তী কোণ α

$\overrightarrow{OP}.\overrightarrow{OQ} = |\overrightarrow{OP}|\ |\overrightarrow{OQ}| \cos\alpha$

বা, $2(-2) + (-1)(2) + (3)(1) = \sqrt{14}\,.\,3\cos\alpha$

বা, $-3 = \sqrt{14}\,.\,3\cos\alpha$

বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{-3}{3 \times \sqrt{14}}\right) = 105.5°$

যেহেতু ত্রিভুজের তিন কোণের সমষ্টি 180°, তাই বলা যায় বাকী কোণদ্বয়ের সমষ্টি $= 180° - 105.5° = 74.5°$।

অর্থাৎ ত্রিভুজের কোনো কোণই 90° বা 1 সমকোণ হওয়া সম্ভব না বিধায় বলা যায়, ΔOPQ সমকোণী ত্রিভুজ নয়।

প্রশ্ন ▶ ২৪ যশোর বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = \hat{i} + \hat{j} - \hat{k}$ ও $\vec{B} = 2\hat{i} - 2\hat{j} - 3\hat{k}$ দুটি ভেক্টর।

ক. অবস্থান ভেক্টর কী? ১

খ. একই জাতীয় দুটি ভেক্টরের যোগফল ও বিয়োগফল সমান হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত ভেক্টরদ্বয় দ্বারা গঠিত চতুর্ভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব কিনা তা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাই অবস্থান ভেক্টর।

খ একই জাতীয় দুটি ভেক্টরের যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হতে পারে।

দুটি ভেক্টর $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ θ হলে $\vec{A}$ ও $-\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ $\pi - \theta$ হবে।

$\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হলে,

$|\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A} - \vec{B}|$

বা, $\sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta} = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos(\pi - \theta)}$

বা, $A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta = A^2 + B^2 + 2AB\cos(\pi - \theta)$

বা, $\cos\theta = \cos(\pi - \theta)$

$\therefore \theta = \pi - \theta$

$\therefore \theta = \frac{\pi}{2}$

অর্থাৎ দুটি ভেক্টরের মধ্যবর্তী কোণ $\frac{\pi}{2}$ হলে, ভেক্টর দুটির যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হবে।

গ মনে করি, দুটি ভেক্টর $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ দ্বারা গঠিত চতুর্ভুজের ক্ষেত্রফল Δ

আমরা জানি,

$$\Delta = |\vec{A} \times \vec{B}|$$

এখন,

এখানে,
$\vec{A} = \hat{i} + \hat{j} - \hat{k}$
$\vec{B} = 2\hat{i} - 2\hat{j} - 3\hat{k}$

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & 1 & -1 \\ 2 & -2 & -3 \end{vmatrix}$$

বা, $\vec{A} \times \vec{B} = (-3 - 2)\hat{i} - (-3 + 2)\hat{j} + (-2 - 2)\hat{k}$

বা, $\vec{A} \times \vec{B} = -5\hat{i} + \hat{j} - 4\hat{k}$

$\therefore$ চতুর্ভুজের ক্ষেত্রফল, $\Delta = |\vec{A} \times \vec{B}| = \sqrt{(-5)^2 + 1^2 + (-4)^2}$

$= \sqrt{42}$ বর্গ একক **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, দুটি ভেক্টর $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ পরস্পর লম্ব হলে এদের স্কেলার গুণফল শূন্য হবে।

অর্থাৎ, $\vec{A}\,.\,\vec{B} = 0$

এখন,

এখানে,
$\vec{A} = \hat{i} + \hat{j} - \hat{k}$
$\vec{B} = 2\hat{i} - 2\hat{j} - 3\hat{k}$

$$\therefore \vec{A}\,.\,\vec{B} = (\hat{i} + \hat{j} - \hat{k})\,.\,(2\hat{i} - 2\hat{j} - 3\hat{k})$$
$$= (1 \times 2) + 1 \times (-2) + (-1) \times (-3)$$
$$= 2 - 2 + 3$$
$$= 3$$

যেহেতু $\vec{A}\,.\,\vec{B} \neq 0$ তাই বলা যায়, ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব নয়।

প্রশ্ন ▶ ২৫ **বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ১**

নাহিন এবং জাহিন একটি ভারী স্থির ট্রাক-এ দুটি রশি বেঁধে টেনে নিয়ে যাচ্ছিল। রশি দুটির মধ্যে 'α' কোণ সৃষ্টি হয়। ট্রাকটি নাহিনের দিকে সরে যাচ্ছিল। নাহিন জাহিনকে আরো বেশি বল প্রয়োগ করতে বললো।

ক. কার্লের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. ত্রিভুজের তিনটি বাহু যদি একইক্রমে তিনটি ভেক্টরকে নির্দেশ করে তা হলে ভেক্টরত্রয়ের লব্ধি শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

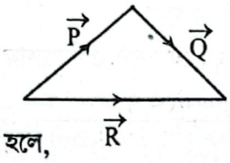
গ. দেখাও যে, জাহিন নাহিনের সমমানের বল প্রয়োগ করলে এদের লব্ধি বল মধ্যবর্তী কোণকে সমদ্বিখণ্ডিত করবে। ৩

ঘ. নাহিন এবং জাহিন ট্রাকটিকে কীভাবে টানলে সর্বাপেক্ষা কম বল প্রয়োগে ট্রাকটিকে সর্বোচ্চ লব্ধি বলে টেনে নিতে পারবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্ল হচ্ছে কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি, যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে।

খ ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্রানুসারে, যদি কোনো ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু একই ক্রমে দুটি সমজাতীয় ভেক্টরকে নির্দেশ করে তবে তৃতীয় বাহুটি বিপরীতক্রমে ঐ ভেক্টরদ্বয়ের লব্ধি নির্দেশ করবে।

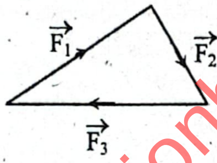


অর্থাৎ, $\vec{P}+\vec{Q}=\vec{R}$

বা, $\vec{P}+\vec{Q}-\vec{R}=0$

এখন, $\vec{P}=\vec{F_1}$, $\vec{Q}=\vec{F_2}$ এবং $-\vec{R}=\vec{F_3}$ হলে,

$\vec{F_1}+\vec{F_2}+\vec{F_3}=\vec{0}$



সুতরাং কোনো ত্রিভুজের তিনটি বাহু দ্বারা একইক্রমে তিনটি ভেক্টরকে মানে ও দিকে প্রকাশ করলে এদের লব্ধি শূন্য হবে।

গ মনে করি, জাহিন ও নাহিনের দ্বারা প্রয়োগকৃত বল যথাক্রমে P ও Q, বলদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ α এবং লব্ধি R। লব্ধি R যদি P এর সাথে θ কোণে ক্রিয়া করে তবে,

$$\tan\theta=\frac{Q\sin\alpha}{P+Q\cos\alpha}$$

যদি জাহিন নাহিনের সমান বল প্রয়োগ করে তাহলে $P=Q$

$$\therefore \tan\theta=\frac{Q\sin\alpha}{Q+Q\cos\alpha}$$

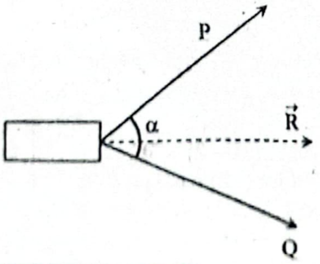
$$\text{বা, } \tan\theta=\frac{Q\sin\alpha}{Q(1+\cos\alpha)}=\frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}=\frac{2\sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2}}{2\cos^2\frac{\alpha}{2}}=\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

$$\therefore \tan\theta=\tan\frac{\alpha}{2}$$

$$\theta=\frac{\alpha}{2}$$

সুতরাং, এদের লব্ধি বল মধ্যবর্তী কোণকে সমদ্বিখণ্ডিত করবে। **(Showed)**

ঘ



লব্ধি বল, $R=\sqrt{P^2+Q^2+2PQ\cos\alpha}$

এখানে, লব্ধি বল R নির্ভর করে প্রয়োগকৃত বল P, Q এবং মধ্যবর্তী কোণ α এর উপর। সর্বনিম্ন বল প্রয়োগে অর্থাৎ P ও Q এর মান বৃদ্ধি না করে সর্বোচ্চ লব্ধি বল পেতে হলে শুধুমাত্র α এর মান পরিবর্তন করতে হবে।

α এর মান ছোট হলে $\cos\alpha$ এর মান বড় হয়। $\cos\alpha$ এর মান সর্বোচ্চ পেতে হলে $\alpha=0°$ হতে হবে। অর্থাৎ P ও Q এর দিক একই হতে হবে।

$\therefore$ সর্বোচ্চ লব্ধি বল, $R_{max}=\sqrt{P^2+Q^2+2PQ\cos0}$

বা, $R_{max}=\sqrt{P^2+Q^2+2PQ}$

বা, $R_{max}=\sqrt{(P+Q)^2}$

বা, $R_{max}=P+Q$

সুতরাং জাহিন ও নাহিন দুজনই ট্রাকের গতির দিক বরাবর টানলে ট্রাকটির সর্বোচ্চ লব্ধি বলে টেনে নিতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ২৬ **ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১**

কার্তেসীয় স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় তিনটি বিন্দু O (0, 0, 0), P (2, 4, 2) এবং Q (2, – 4, – 4)।

ক. সমান ভেক্টর কী? ১

খ. ভেক্টর অপারেটর স্কেলার রাশিকে ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\overrightarrow{PQ}$ এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. P ও Q এর অবস্থান ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব হবে কি-না যাচাই করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমজাতীয় দুটি ভেক্টরের মান যদি সমান হয় আর তাদের দিক যদি একই দিকে হয় তবে তাদেরকে সমান ভেক্টর বলে।

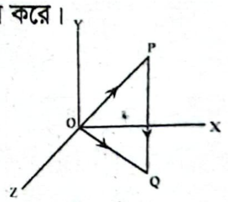
খ কোনো স্কেলার রাশির গ্রেডিয়েন্ট করলে ঐ স্কেলার রাশি ভেক্টর রাশিতে রূপান্তরিত হয়।

ভেক্টর অপারেটর ডেল, $\vec{\nabla}=\frac{\partial}{\partial x}\hat{i}+\frac{\partial}{\partial y}\hat{j}+\frac{\partial}{\partial z}\hat{k}$ এর ভেক্টর ধর্ম রয়েছে।

যদি $\phi(x, y, z)$ একটি ব্যবকলনযোগ্য স্কেলার ক্ষেত্র হয়,
তাহলে ϕ এর গ্রেডিয়েন্ট হবে,

$$\text{grad}\phi=\vec{\nabla}\phi=\left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i}+\frac{\partial}{\partial y}\hat{j}+\frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right)\phi=\frac{\partial\phi}{\partial x}\hat{i}+\frac{\partial\phi}{\partial y}\hat{j}+\frac{\partial\phi}{\partial z}\hat{k}$$

যা একটি ভেক্টর রাশি। এর মান অবস্থানের সাপেক্ষে ঐ স্কেলার রাশির সর্বোচ্চ বৃদ্ধি নির্দেশ করে। অর্থাৎ, ভেক্টর অপারেটর ($\vec{\nabla}$) স্কেলার রাশিকে ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করে।



গ এখানে,
P বিন্দুর স্থানাঙ্ক, P (2, 4, 2)
Q বিন্দুর স্থানাঙ্ক,
Q (2, –4, –4)

এখন, P বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর, $\overrightarrow{OP}=2\hat{i}+4\hat{j}+2\hat{k}$

এবং Q বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর, $\overrightarrow{OQ}=2\hat{i}-4\hat{j}-4\hat{k}$

$\therefore \overrightarrow{PQ}=\overrightarrow{OQ}-\overrightarrow{OP}=2\hat{i}-4\hat{j}-4\hat{k}-2\hat{i}-4\hat{j}-2\hat{k}=-8\hat{j}-6\hat{k}$

$\therefore \left|\overrightarrow{PQ}\right|=\sqrt{(-8)^2+(-6)^2}=\sqrt{64+36}=\sqrt{100}=10$ **(Ans.)**

ঘ ২৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $\overrightarrow{OP}.\overrightarrow{OQ}\neq0$ বলে $\overrightarrow{OP}$ ও $\overrightarrow{OQ}$ ভেক্টর দুটি পরস্পর লম্ব নয়।

প্রশ্ন ▶ ২৭ **ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮**

শান্ত বাতাসে 6 kmh^{-1} বেগে বৃষ্টি পড়ছে। এ সময়ে সাইকেলে চড়ে আবিদ 8 kmh^{-1} বেগে বাড়ি ফিরছে। হঠাৎ আবিদের চলার বিপরীত দিকে 2 kmh^{-1} বেগে বাতাস প্রবাহিত হতে লাগলো। উভয় ক্ষেত্রে বৃষ্টি থেকে বাঁচতে আবিদ ছাতা ব্যবহার করলো।

ক. মুক্তিবেগ কী? ১

খ. বল ও সরণ শূন্য না হলেও কাজ শূন্য হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. স্থির বাতাসে বৃষ্টির লব্ধি বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বাতাস প্রবাহিত হওয়ার আগে ও পরে একইভাবে ছাতা ধরলে আবিদ বৃষ্টি থেকে রক্ষা পাবে কি-না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

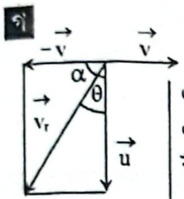
ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে কোনো গ্রহ থেকে নিক্ষেপ করলে তা আর সেখানে ফিরে আসে না সেই বেগকে উক্ত গ্রহের মুক্তিবেগ বলে।

খ কাজ, $W = \vec{F}.\vec{s} = Fs\cos\theta$

$F \neq 0$, $s \neq 0$ হওয়া সত্ত্বেও $W = 0$ হতে পারে যদি $\cos\theta = 0$

বা, $\theta = 90°$ হয়। সুতরাং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° হলে, বল প্রয়োগে সরণ ঘটলে কাজের মান শূন্য হবে।

গ



এখানে, বৃষ্টির বেগ, $u = 6\ kmh^{-1}$
এবং আবিদের বেগ, $v = 8\ kmh^{-1}$
বৃষ্টির বেগ ও আবিদের বেগের মধ্যবর্তী কোণ, $\alpha = 90°$

সাইকেলের সাপেক্ষে বৃষ্টির ফোঁটার বেগ $\vec{v}_r$ হলে,

$$v_r = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv\cos(\pi - \alpha)}$$
$$= \sqrt{6^2 + 8^2 + 2 \times 6 \times 8 \times \cos 90°} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10\ kmh^{-1}$$

আবার,

$$\tan\theta = \frac{v\sin(\pi - \alpha)}{u + v\cos(\pi - \alpha)} = \frac{8\sin 90°}{6 + 8\cos 90°} = \frac{8}{6} = 1.333$$

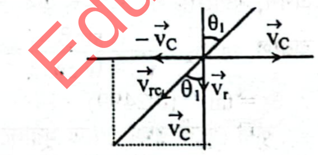
$\therefore \theta = \tan^{-1}(1.333) = 53.13°$

সুতরাং, স্থির বাতাসে বৃষ্টির লব্ধি বেগের মান $10\ kmh^{-1}$ এবং এই বেগ উল্লম্বের সাথে 53.13° কোণ তৈরি করে। **(Ans.)**

ঘ বাতাস প্রবাহিত হবার আগে আবিদের সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ v_{rc}, উল্লম্বের সাথে θ_1 কোণ তৈরি করলে, $\tan\theta_1 = \frac{v_C}{v_r}$

$$= \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$$

$\therefore \theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{4}{3}\right) = 53.13°$

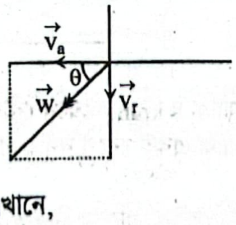


এখানে,
আবিদের সাইকেলের বেগ,
$v_C = 8\ kmhr^{-1}$
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 6\ kmhr^{-1}$

অর্থাৎ, বাতাস প্রবাহিত হওয়ার আগে আবিদ উল্লম্বের সাথে 53.13° কোণে ছাতা ধরলে বৃষ্টি থেকে রক্ষা পাবে।

এখন, আবিদের চলার বিপরীত দিকে $2\ kmhr^{-1}$ বেগে বাতাস প্রবাহিত হলে, বৃষ্টি ও বাতাসের লব্ধি বেগ

$$w = \sqrt{v_a^2 + v_r^2}$$
$$= \sqrt{2^2 + 6^2} = 6.325\ kmhr^{-1}$$

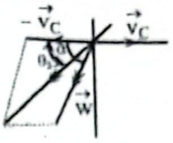


লব্ধি বেগ w অনুভূমিকের সাথে θ কোণ তৈরি করলে, $\tan\theta = \frac{v_r}{v_a}$

$$= \frac{6}{2} = 3$$

$\therefore \theta = \tan^{-1}(3) = 71.565°$

এখানে,
বাতাসের বেগ, $v_a = 2\ kmhr^{-1}$
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 6\ kmhr^{-1}$



এখন, আবিদের বিপরীত বেগ, $(-v_C)$ এর সাথে w এর কোণ $\alpha = \theta = 71.565°$

আবিদের সাপেক্ষে w এর দিক অনুভূমিকের সাথে θ_2 কোণ তৈরি করলে $\tan\theta_2 = \frac{w\sin\alpha}{v_C + w\cos\alpha}$

$$= \frac{6.325\sin(71.565°)}{8 + 6.325\cos(71.565)}$$
$$= 0.6$$

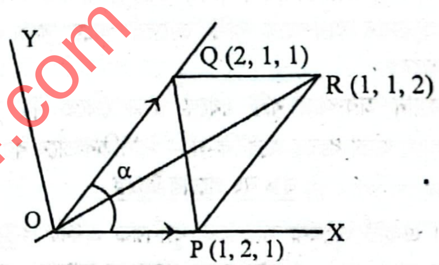
$\therefore \theta_2 = \tan^{-1}(0.6) = 30.965°$

অর্থাৎ, বাতাস প্রবাহিত হবার পর উল্লম্বের সাথে (90° – 30.965°) বা 59.035° কোণে ছাতা ধরলে আবিদ বৃষ্টি থেকে রক্ষা পাবে।

সুতরাং বলা যায়, বাতাস প্রবাহিত হওয়ার আগে ও পরে একইভাবে ছাতা ধরলে আবিদ বৃষ্টি থেকে রক্ষা পাবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৮ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১

ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় দুটি বিন্দুর স্থানাঙ্ক যথাক্রমে P (1, 2, 1) ও Q (2, 1, 1)। বিন্দু দুটির জন্য সৃষ্ট অবস্থান ভেক্টর যথাক্রমে $\overrightarrow{OP}$ ও $\overrightarrow{OQ}$। অবস্থান ভেক্টরদ্বয়কে সন্নিহিত বাহু ধরে সামান্তরিক অংকন করলে R বিন্দুর স্থানাঙ্ক R (1, 1, 2) হয়।



ক. ভেক্টর অপারেটর কী? ১

খ. বৈদ্যুতিক পাখা ঘুরলে গায়ে বাতাস লাগে কেন? ভেক্টরের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. α কোণের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ΔPQR সমকোণী ত্রিভুজ গঠন করে কি-না— গাণিতিক ব্যাখ্যা করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গাণিতিক চিহ্নের দ্বারা একটি ভেক্টর রাশিকে অন্য একটি স্কেলার বা ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করা যায় বা কোনো পরিবর্তনশীল ভেক্টর রাশির ব্যাখ্যা দেয়া যায় তাই ভেক্টর অপারেটর।

খ ভেক্টরের ক্রস গুণফলের সূত্রানুযায়ী বৈদ্যুতিক পাখা ঘুরলে গায়ে বাতাস লাগে।

বৈদ্যুতিক পাখা ঘোরার সময় এর কৌণিক বেগ $(\vec{\omega})$, কেন্দ্র থেকে পাখার অবস্থান ভেক্টর $\vec{r}$ হলে, রৈখিক বেগ $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$।

বৈদ্যুতিক পাখা এমনভাবে ঘুরে যাতে কৌণিক বেগ $\vec{\omega}$ এর দিক নিচের দিকে হয় এবং $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ থেকে ডানহাতি স্ক্রু এর নিয়ম অনুসারে $\vec{v}$ এর দিক হয় বৃত্তাকার পথের স্পর্শক বরাবর। এখন $\vec{\omega}$ এর দিক নিচের দিকে হওয়ায় পাখা ঘুরলে বাতাস নিচে আসে ও গায়ে বাতাস লাগে।

গ এখানে, O(0, 0, 0), P (1, 2, 1) ও Q(2, 1, 1).

$\therefore \overrightarrow{OP} = (\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k})$ এবং $\overrightarrow{OQ} = (2\hat{i} + \hat{j} + \hat{k})$

আমরা জানি,

$$\overrightarrow{OQ} \cdot \overrightarrow{OP} = |\overrightarrow{OQ}| \cdot |\overrightarrow{OP}| \cdot \cos\angle POQ$$

$$\text{বা, } \cos\angle POQ = \frac{\overrightarrow{OP} \cdot \overrightarrow{OQ}}{|\overrightarrow{OP}| \cdot |\overrightarrow{OQ}|}$$

$$= \frac{(\hat{i}+2\hat{j}+\hat{k}).(2\hat{i}+\hat{j}+\hat{k})}{\sqrt{1^2+2^2+1^2}.\sqrt{2^2+1^2+1^2}}$$

$$= \left(\frac{2+2+1}{\sqrt{6}.\sqrt{6}}\right) = \frac{5}{6}$$

$$\therefore \angle POQ = \cos^{-1}\left(\frac{5}{6}\right) = 33.56° = \alpha$$

∴ α কোণের মান 33.56° (**Ans.**)

ঘ ২৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ΔPQR সমকোণী ত্রিভুজ গঠন করে না।

প্রশ্ন ▸ ২৯ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৩

কোনো একদিন সেলিম ও মুরাদ কোনো স্থানে দণ্ডায়মান ছিল। তখন বাতাসের বেগ 5 ms^{-1} যা দক্ষিণ থেকে উত্তরে প্রবাহিত হচ্ছিল। এমন সময় 3 ms^{-1} বেগে বৃষ্টি পড়তে শুরু করলো। বৃষ্টি শুরু হবার পর সেলিম দক্ষিণ থেকে উত্তরে এবং মুরাদ উত্তর থেকে দক্ষিণে 7 ms^{-1} বেগে চলতে শুরু করলো।

ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. ব্যালে ড্যান্সের ক্ষেত্রে কৌণিক ভরবেগের প্রভাব ব্যাখ্যা করো। ২

গ. দণ্ডায়মান অবস্থায় বৃষ্টি তাদের গায়ে কত বেগে আঘাত করবে? ৩

ঘ. চলমান অবস্থায় বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে দুই বন্ধুকে একই কোণে ছাতা ধরতে হবে কি-না– গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াস হচ্ছে জড়তার ভ্রামক এবং বস্তুটির ভর ও ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বস্তুটির ভারকেন্দ্রের লম্ব দূরত্বের বর্গের গুণফল দ্বারা এটি পরিমাপ করা হয়।

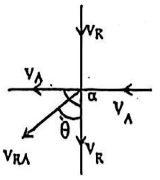
খ ব্যালে ড্যান্সের ক্ষেত্রে কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা সূত্র পালিত হয়।

ব্যালে ড্যান্সার নাচার সময় যখন হাত প্রসারিত করে তখন $I = mr^2$ সূত্রানুসারে জড়তার ভ্রামক I বাড়ে ও কৌণিক বেগ ω কমে। কারণ Iω = ধ্রুবক হয়। আবার নাচের মধ্যে হাত গুটিয়ে নিলে জড়তার ভ্রামক কমে যায়। তখন তার কৌণিক বেগ ω বেড়ে যায়, যা $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$ সূত্র মেনে চলে।

গ বৃষ্টি ও বাতাসের লব্ধি বেগ, v_{RA} হলে,

$$v_{RA} = \sqrt{v_R^2 + v_A^2 + 2v_Rv_A \cos\alpha}$$
$$= \sqrt{3^2+5^2+2\times3\times5\times\cos 90°}$$
$$\therefore v_{RA} = 5.83\ ms^{-1}$$

এখানে,
বৃষ্টির বেগ,
$v_R = 3\ ms^{-1}$
বাতাসের বেগ,
$v_A = 5\ ms^{-1}$
বৃষ্টি ও বাতাসের বেগের মধ্যবর্তী কোণ, α = 90°



বৃষ্টি ও বাতাসের লব্ধি বেগের উল্লম্বের সাথে কোণ θ হলে;

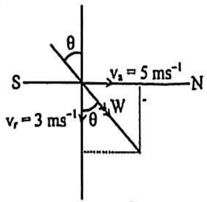
$$\tan\theta = \frac{v_A}{v_R}$$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_A}{v_R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{5}{3}\right)$

$\therefore \theta = 59.036°$

∴ বৃষ্টি উল্লম্বের সাথে 59.036° কোণে 5.83 ms^{-1} বেগে আঘাত করবে। (**Ans.**)

ঘ



বৃষ্টি ও বাতাসের লব্ধি বেগ

$$w = \sqrt{v_r^2 + v_a^2} = \sqrt{3^2+5^2}$$
$$= 5.83\ ms^{-1}$$

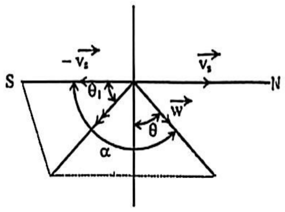
এখানে,
বাতাসের বেগ, $v_a = 5\ ms^{-1}$ (দক্ষিণ থেকে উত্তরে)
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 3\ ms^{-1}$ (খাড়া নিচের দিকে)
সেলিমের বেগ, $v_s = 7\ ms^{-1}$ (দক্ষিণ থেকে উত্তরে)
মুরাদের বেগ, $v_m = 7\ ms^{-1}$ (উত্তর থেকে দক্ষিণে)

উল্লম্বের সাথে লব্ধি বেগের কোণ θ হলে, $\tan\theta = \frac{v_a}{v_r} = \frac{5}{3}$

$\therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{5}{3}\right) = 59.04°$

সেলিমের ক্ষেত্রে: সেলিম দক্ষিণ থেকে উত্তর দিকে যাওয়ায় সেলিমের বিপরীত বেগ $(-v_s)$ এর সাথে w এর কোণ,

$$\alpha = 90° + \theta$$
$$= 90° + 59.04$$
$$= 149.04°$$



সেলিমের সাপেক্ষে w এর দিক দক্ষিণ দিকের সাথে θ_1 কোণ তৈরি করলে,

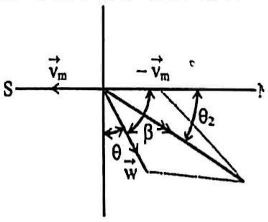
$$\tan\theta_1 = \frac{w \sin\alpha}{v_s + w\cos\alpha} = \frac{5.83 \sin(149.04°)}{7 + 5.83\cos(149.04°)} = 1.5$$

$\therefore \theta_1 = \tan^{-1}(1.5) = 56.29°$

∴ বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে সেলিমকে দক্ষিণ দিকের সাথে 56.29° কোণে বা উল্লম্বের সাথে (90° – 56.29°) বা 33.71° কোণে ছাতা ধরতে হবে।

মুরাদের ক্ষেত্রে: মুরাদ উত্তর থেকে দক্ষিণ দিকে যাওয়ায় মুরাদের বিপরীত বেগ $(-\vec{v_m})$ এর সাথে w এর কোণ

$$\beta = 90° - \theta$$
$$= 90° - 59.04° = 30.96°$$



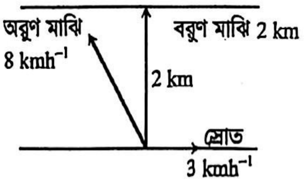
এখন, মুরাদের সাপেক্ষে w এর দিক উত্তর দিকের সাথে θ_2 কোণ তৈরি করলে, $\tan\theta_2 = \frac{w \sin\beta}{v_m + w\cos\beta} = \frac{5.83\sin(30.96°)}{7 + 5.83\cos(30.96°)} = 0.2499$

$\therefore \theta_2 = \tan^{-1}(0.2499) = 14.033°$

∴ বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে মুরাদকে উত্তর দিকের সাথে 14.033° কোণে বা উল্লম্বের সাথে (90° – 14.033°) = 76.967° কোণে ছাতা ধরতে হবে।

সুতরাং বলা যায়, বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে দুই বন্ধুকে একই কোণে ছাতা ধরতে হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৩০ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১



অরুণ মাঝি 8 kmh^{-1} বেগে নৌকা চালিয়ে নদীর প্রস্থ বরাবর পার হয়। বরুণ মাঝি একই বেগে নদীর প্রস্থ বরাবর নৌকা চালায়। নদীর প্রস্থ 2 km।

ক. ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্রটি লেখো। ১

খ. ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখার সুবিধা কী? ২

গ. উদ্দীপকে অরুণ মাঝিকে কোন দিকে নৌকা চালাতে হয়েছিল? ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন মাঝি কম সময়ে নদী পার হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু বরাবর একইক্রমে দুটি ভেক্টর রাশি ক্রিয়াশীল হলে, ত্রিভুজের তৃতীয় বাহুটি বিপরীতক্রমে ভেক্টর দুটির লব্ধি নির্দেশ করবে।

খ ট্রলি ব্যাগ টানার সময় টান বলের অনুভূমিক উপাংশের মান বেশি রাখার জন্য হাতল লম্বা রাখা হয়। কেননা, একই F বলে টানলেও, হাতল লম্বা হলে সেটি টানার সময় অনুভূমিকের সাথে ক্ষুদ্র কোণ উৎপন্ন করে। ফলে অনুভূমিক উপাংশ Fcosθ এর মান বেশি হবে। কারণ θ এর মান ক্ষুদ্র হলে, cosθ এর মান বেশি হয়।

আর অনুভূমিক উপাংশ Fcosθ বেশি হলে ট্রলি ব্যাগকে টানা বা সরানো সহজতর হবে। এজন্য ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয়।

গ আমরা জানি,

$$\tan\theta = \frac{v\sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$$

বা, $\tan 90^\circ = \dfrac{8\sin\alpha}{3 + 8\cos\alpha}$

বা, $3 + 8\cos\alpha = 0$

বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(\dfrac{-3}{8}\right)$

$\therefore\ \alpha = 112.02^\circ$

এখানে,
স্রোতের বেগ, $u = 3\ \text{kmh}^{-1}$
অরুণ মাঝির বেগ, $v = 8\ \text{kmh}^{-1}$
লব্ধির দিক, $\theta = 90^\circ$
$\alpha = ?$

সুতরাং, স্রোতের দিকের সাথে অরুণ মাঝিকে 112.02° কোণে নৌকা চালাতে হয়েছিল।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: উদ্দীপকের বরুণ মাঝি কম সময়ে নদী পার হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩১ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৩

তিনটি ভেক্টর রাশি যথাক্রমে $\vec{A} = 2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$, $\vec{B} = 6\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}$ এবং $\vec{C} = (6xy + z^3)\hat{i} - (3x^2 - z)\hat{j} + (3xz^2 - y)\hat{k}$.

ক. রাস্তার ব্যাংকিং কী? ১

খ. তিনটি ভেক্টরের লব্ধি কখন শূন্য হয়? ২

গ. $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের লম্বদিকে একক ভেক্টর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে $\vec{C}$ ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল কি না যাচাই করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অনুভূমিক রাস্তায় হঠাৎ বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ি যাতে ছিটকে না যায়, সেজন্য প্রতিটি বাঁকে রাস্তার বাইরের দিক ভিতরের দিকের চেয়ে কিছুটা উঁচু করে তৈরী করা হয়। এটিই রাস্তার ব্যাংকিং।

খ একই সময়ে একটি বিন্দুতে ক্রিয়ারত তিনটি সমজাতীয় সমতলীয় ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হয় যদি ভেক্টর তিনটিকে কোন ত্রিভুজের তিনটি বাহু দ্বারা একই ক্রমে নির্দেশ করা যায়।

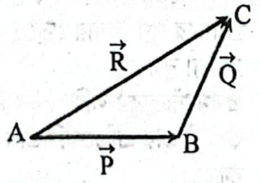
চিত্রে, ΔABC-এ $\overrightarrow{AB} = \vec{P}$, $\overrightarrow{BC} = \vec{Q}$, $\overrightarrow{AC} = \vec{R}$

ত্রিভুজ সূত্রানুযায়ী, $\vec{P} + \vec{Q} = \vec{R}$

বা, $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AC}$

বা, $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} - \overrightarrow{AC} = \vec{0}$

বা, $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CA} = \vec{0}$



আবার, দুইটি ভেক্টরের লব্ধির মান তৃতীয় ভেক্টরের সমান এবং লব্ধির দিক তৃতীয় ভেক্টরের বিপরীত হলেও তিনটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হয়।

গ $\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 2 & -1 \\ 6 & -3 & 2 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(4 - 3) - \hat{j}(4 + 6) + \hat{k}(-6 - 12)$

$= \hat{i} - 10\hat{j} - 18\hat{k}$

এখানে,
$\vec{A} = 2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$
$\vec{B} = 6\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}$

$\therefore |\vec{A} \times \vec{B}| = \sqrt{1^2 + (-10)^2 + (-18)^2} = \sqrt{1 + 100 + 324} = 5\sqrt{17}$

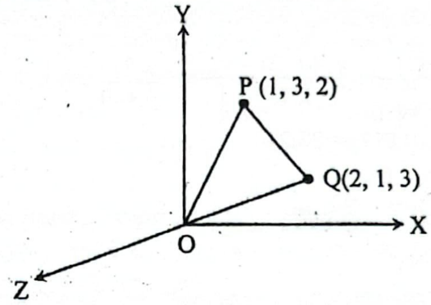
সুতরাং $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর লম্ব দিকে একক ভেক্টর,

$$\hat{\eta} = \pm\frac{\vec{A} \times \vec{B}}{|\vec{A} \times \vec{B}|} = \pm\frac{\hat{i} - 10\hat{j} - 18\hat{k}}{5\sqrt{17}}$$

$$= \frac{1}{5\sqrt{17}}\left(\hat{i} - 10\hat{j} - 18\hat{k}\right) \text{ অথবা } -\frac{1}{5\sqrt{17}}(\hat{i} - 10\hat{j} - 18\hat{k}) \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\vec{C}$ ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩২ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১



চিত্রের P ও Q বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর যথাক্রমে $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$.

ক. সদৃশ ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ΔOPQ এর ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. $\vec{P} + \vec{Q}$ ও $\vec{P} - \vec{Q}$ ভেক্টরদ্বয় + Y অক্ষের সাথে সমান কোণ উৎপন্ন করে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই দিকে ক্রিয়াশীল দুটি সমজাতীয় ভেক্টরকে সদৃশ ভেক্টর বলে।

খ দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না।

$\vec{P}$ও $\vec{Q}$ ভেক্টর দুটি যদি α কোণে নত থাকে, তবে এদের লব্ধির মান হবে $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\alpha}$ । যখন α = 180° তখন R ন্যূনতম হয়। অর্থাৎ লব্ধি ভেক্টরের ন্যূনতম মান, $R = \sqrt{P^2 + Q^2 - 2PQ} = \sqrt{(P - Q)^2} = P - Q$। দেখা যাচ্ছে, কেবল এবং কেবল যদি P = Q হয়, তবে R এর মান শূন্য হবে। অন্যথায় লব্ধির ন্যূনতম একটি মান থাকবে। সুতরাং দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি কখনোই শূন্য হতে পারে না।

গ দেওয়া আছে, P(1, 3, 2) ও Q (2, 1, 3)

OP বাহু দ্বারা নির্দেশিত ভেক্টর, $\vec{P} = \hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}$

OQ বাহু দ্বারা নির্দেশিত ভেক্টর, $\vec{Q} = 2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}$

এখন, $\vec{P} \times \vec{Q} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & 3 & 2 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(9 - 2) - \hat{j}(3 - 4) + \hat{k}(1 - 6) = 7\hat{i} + \hat{j} - 5\hat{k}$

$|\vec{P} \times \vec{Q}| = \sqrt{(7)^2 + (1)^2 + (-5)^2} = \sqrt{75}$

$\therefore$ ΔOPQ এর ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2} \times |\vec{P} \times \vec{Q}| = \frac{1}{2} \times \sqrt{75}$ বর্গ একক

$= 4.33$ বর্গ একক (Ans.)

ঘ এখানে, $\vec{P} = \hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}$

$\vec{Q} = 2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}$

$\therefore \vec{P} + \vec{Q} = (\hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}) + (2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}) = 3\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$

$|\vec{P} + \vec{Q}| = \sqrt{(3)^2 + (4)^2 + (5)^2} = 7.071$ একক

$(\vec{P}+\vec{Q})$ ভেক্টরের ক্ষেত্রে +Y অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ α হলে,

$$\cos\alpha = \frac{(\vec{P}+\vec{Q}).\hat{j}}{|\vec{P}+\vec{Q}||\hat{j}|} = \frac{(3\hat{i}+4\hat{j}+5\hat{k}).\hat{j}}{7.071\times 1} = \frac{4}{7.071} = 0.566$$

$$\alpha = \cos^{-1}(0.566) = 55.53°$$

আবার, $\vec{P}-\vec{Q} = (\hat{i}+3\hat{j}+2\hat{k})-(2\hat{i}+\hat{j}+3\hat{k})$

$$= -\hat{i}+2\hat{j}-\hat{k}$$

$$|\vec{P}-\vec{Q}| = \sqrt{(-1)^2+2^2+(-1)^2}$$

$$= \sqrt{6} = 2.449 \text{ একক}$$

$(\vec{P}-\vec{Q})$ ভেক্টরের ক্ষেত্রে +Y অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ β হলে,

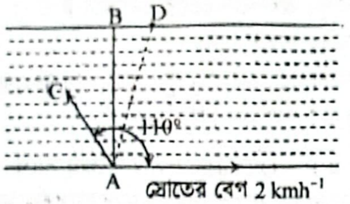
$$\cos\beta = \frac{(\vec{P}-\vec{Q}).\hat{j}}{|\vec{P}-\vec{Q}||\hat{j}|} = \frac{(-\hat{i}+2\hat{j}-\hat{k}).\hat{j}}{2.449\times 1} = \frac{2}{2.449} = 0.817$$

$$\therefore \beta = \cos^{-1}(0.817) = 35.214°$$

দেখা যাচ্ছে, $\alpha \neq \beta$

অর্থাৎ, $\vec{P}+\vec{Q}$ ও $\vec{P}-\vec{Q}$ ভেক্টরদ্বয় + Y অক্ষের সাথে সমান কোণ উৎপন্ন করে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ২



চিত্রে স্রোতের নদীতে একজন লোক এক পাড় হতে অপর পাড়ে যাওয়ার জন্য 4 kmh⁻¹ বেগে AC বরাবর নৌকা চালানো শুরু করে সে অপর পাড়ে D বিন্দুতে পৌঁছে। BD = 0.5 km, নদীর প্রস্থ = AB.

ক. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে? ১

খ. দুইয়ের অধিক ভেক্টর রাশির যোগের নিয়ম ব্যাখ্যা করো। ২

গ. নদীর প্রস্থ AB নির্ণয় করো। ৩

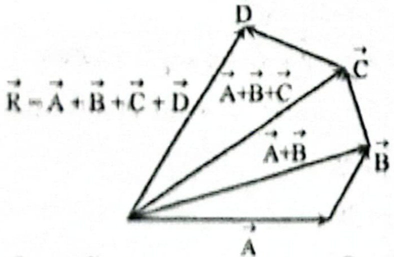
ঘ. AC বরাবর নৌকা চালানো শুরু করলে অপর পাড়ে পৌঁছতে যে সময় লাগে একই বেগে AB বরাবর নৌকা চালানো শুরু করলে অপর পাড়ে পৌঁছতে তার চেয়ে কম নাকি বেশি সময় লাগবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক উত্তরের স্বপক্ষে মতামত দাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সংঘর্ষের আগে ও পরে দুটি বস্তুর মোট গতিশক্তি ও ভরবেগের সমষ্টি উভয়ই অপরিবর্তিত থাকে সেই সংঘর্ষ কে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

খ দুইয়ের অধিক ভেক্টর রাশি যোগের ক্ষেত্রে বহুভুজ সূত্র ব্যবহৃত হয়। বহুভুজ সূত্রটি হলো: দুইয়ের অধিক ভেক্টর রাশির ক্ষেত্রে ভেক্টর রাশিগুলোক একইক্রমে সাজিয়ে প্রথম ভেক্টর রাশির পাদবিন্দু ও শেষ ভেক্টর রাশির শীর্ষবিন্দু যোগ করলে যে বহুভুজ পাওয়া যায় এর শেষ বাহুটি বিপরীতক্রমে ভেক্টর রাশিগুলোর লব্ধির মান ও দিক নির্দেশ করে।

চিত্রে, $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ ও $\vec{D}$ 4টি ভেক্টর এর লব্ধি $\vec{R} = \vec{A}+\vec{B}+\vec{C}+\vec{D}$.

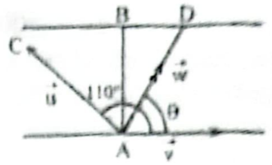

$\vec{D}$
$\vec{C}$
$\vec{R} = \vec{A}+\vec{B}+\vec{C}+\vec{D}$
$\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}$
$\vec{A}+\vec{B}$
$\vec{B}$
$\vec{A}$

গ চিত্রে, নৌকা ও স্রোতের বেগের লব্ধি বেগ w যার দিক AD বরাবর। এটি স্রোতের বেগের দিকের সাথে θ কোণ তৈরি করলে,

$$\tan\theta = \frac{u\sin\alpha}{v+u\cos\alpha}$$

$$= \frac{4\sin 110°}{2+4\cos 110°}$$

$$= 5.948$$



$$\therefore \theta = \tan^{-1}(5.948) = 80.456°$$

$$\therefore \angle BAD = 90° - \theta = 90° - 80.456°$$

$$= 9.544°$$

এখানে,
নৌকার বেগ, u = 4 kmh⁻¹
স্রোতের বেগ, v = 2 kmh⁻¹
নৌকা ও স্রোতের বেগের মধ্যবর্তী কোণ, α = 110°
BD = 0.5 km = 500 m

এখন, ΔABD-এ $\tan\angle BAD = \frac{BD}{AB}$

বা, $\tan(9.544°) = \frac{BD}{AB}$

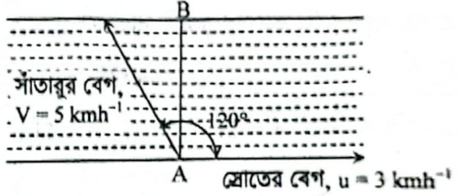
$$\therefore AB = \frac{500}{\tan(9.544°)} = 2973.85 \text{ m} = 2.974 \text{ km (প্রায়)}$$

∴ নদীর প্রস্থ, AB = 2.974 km **(Ans.)**

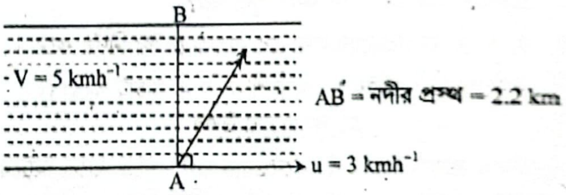
ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $t_{AC} > t_{AB}$ অর্থাৎ AC বরাবর নৌকা চালালে অপর পাড়ে পৌছাতে যে সময় লাগে, একই বেগে AB বরাবর নৌকা চালানো শুরু করলে অপর পাড়ে পৌছাতে তার চেয়ে কম সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং



চিত্র: ১



চিত্র: ২

2.2 km প্রস্থের একটি নদীতে স্রোতের বেগ 3 kmh⁻¹। সাঁতার প্রতিযোগিতায় নদী পাড়ি দেওয়ার লক্ষ্যে প্রথম সাঁতারু 5 kmh⁻¹ বেগে চিত্র-১ অনুসারে এবং দ্বিতীয় সাঁতারু একই বেগে চিত্র-২ অনুসারে সাঁতার আরম্ভ করলো।

ক. একক ভেক্টর কাকে বলে? ১

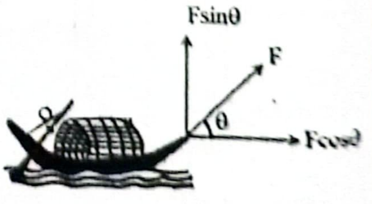
খ. নৌকার গুণ টানার ক্ষেত্রে লম্বা রশি দিয়ে গুণ টানা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম সাঁতারুর লব্ধি বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উক্ত সাঁতার প্রতিযোগিতার ফলাফল গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টর রাশির মান এক একক তাকে একক ভেক্টর বলে।



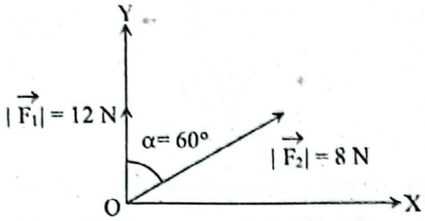
খ নৌকার গুণ টানার সময় টান বল পরস্পর লম্বভাবে দুটি উপাংশে বিভক্ত হয়ে যায়। অনুভূমিক উপাংশ Fcosθ নৌকাকে সামনে এগিয়ে যেতে

সাহায্য করে। গুণ টানার জন্য লম্বা দড়ি ব্যবহার করলে অনুভূমিকের সাথে θ এর মান কমে যাবে। ফলে cosθ এর মান বেড়ে যাবে অর্থাৎ, অনুভূমিক উপাংশ Fcosθ এর মান বেড়ে যাবে। ফলে নৌকা দ্রুত সামনে অগ্রসর হবে অথবা কম টান বল প্রয়োগ করলে সহজেই নৌকাকে সামনে এগিয়ে নেয়া যাবে। এই জন্য নৌকার গুণ টানার ক্ষেত্রে লম্বা রশি দিয়ে গুণ টানা হয়।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4.36 kmh^{-1} এবং এটি স্রোতের দিকের সাথে 83.41° কোন উৎপন্ন করে।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: নদী পার হতে ১ম সাঁতারুর চেয়ে ২য় সাঁতারুর সময় কম লাগবে। সুতরাং ২য় সাঁতারু নদীর অপর পাড়ে আগে পৌছাবে এবং জয়ী হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮



ক. ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স কাকে বলে? ১

খ. অবস্থান ভেক্টর একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বল দুটির লব্ধি X-অক্ষের সাথে যে কোণে ক্রিয়াশীল তা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বল দুটির লব্ধির অনুভূমিক উপাংশ ও উলম্ব উপাংশের মধ্যে কোনটি বেশি? তোমার মতামত গাণিতিক যুক্তিসহ দাও। ৪

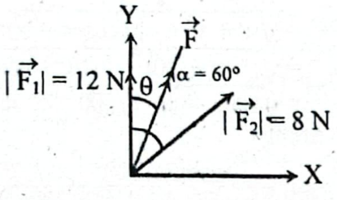
৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের এমন একটি স্কেলার ফাংশন যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোন বিন্দুর চতুর্দিকে একক আয়তনের ক্ষেত্রটির সর্বোচ্চ বহির্ক্ষেত্র সমাকলন অর্থাৎ ক্ষেত্রটি অন্তর্মুখী না বহির্মুখী তা নির্দেশ করে তাকে ডাইভারজেন্স বলে।

খ আমরা জানি, কোনো ভেক্টরের পাদবিন্দু যদি সর্বদাই নির্দিষ্ট অবস্থানে থাকে এবং প্রান্তবিন্দু যদি পরিবর্তন হতে পারে তবে একে সীমাবদ্ধ ভেক্টর বলে।
দ্বিমাত্রিক বা ত্রিমাত্রিক ভেক্টর স্থানাংক ব্যবস্থায়, যেকোনো বিন্দুর অবস্থান ভেক্টরের পাদবিন্দু সর্বদাই মূলবিন্দুতে অবস্থিত। তাই অবস্থান ভেক্টর একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

গ বল দুটির লব্ধি F,

Y অক্ষ বা $|\vec{F_1}|$ এর দিকের সাথে θ কোণ তৈরি করলে,



$$\tan\theta = \frac{|\vec{F_2}|\sin\alpha}{|\vec{F_1}| + |\vec{F_2}|\cos\alpha} = \frac{8\sin60°}{12 + 8\cos60°} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

এখানে,
$|\vec{F_1}| = 12$ N, $|\vec{F_2}| = 8$ N
মধ্যবর্তী কোণ, α = 60°

$$\therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}}{4}\right) = 23.41°$$

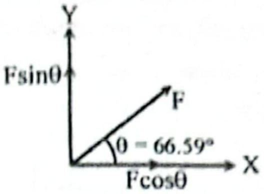
∴ বল 2টির লব্ধি X অক্ষের সাথে (90° – 23.41°) বা 66.59° কোণে ক্রিয়াশীল। **(Ans.)**

ঘ $|\vec{F_1}|$ ও $|\vec{F_2}|$ এর লব্ধি $\vec{F}$ হলে সামান্তরিক সূত্রানুযায়ী,

$$F = \sqrt{|F_1|^2 + |F_2|^2 + 2|\vec{F_1}||\vec{F_2}|\cos\alpha}$$
$$= \sqrt{(12)^2 + (8)^2 + 2 \times 12 \times 8 \times \cos60°}$$
$$= 17.4356 \text{ N}$$

এখানে,
$|\vec{F_1}| = 12$ N, $|\vec{F_2}| = 8$ N
মধ্যবর্তী কোণ, α = 60°

(গ) থেকে পাই, বল দুটির লব্ধি X অক্ষের সাথে θ = 66.59° কোণে ক্রিয়াশীল।



লব্ধির অনুভূমিক উপাংশ

$$F\cos\theta = 17.4356\cos(66.59°) = 6.9273 \text{ N}$$

লব্ধির উল্লম্ব উপাংশ

$$F\sin\theta = 17.4356\sin(66.59°) = 16 \text{ N}$$

দেখা যাচ্ছে, $F\sin\theta > F\cos\theta$

অর্থাৎ, বল দুটির লব্ধির উল্লম্ব উপাংশ অনুভূমিক উপাংশের চেয়ে বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ১

500 m প্রস্থের একটি নদীতে 6 kmh^{-1} বেগে স্রোত প্রবাহিত হচ্ছে। এই নদীটি মাহীর ও নিধি প্রতিযোগিতার উদ্দেশ্যে সাঁতার কেটে পার হওয়ার সিদ্ধান্ত নিলো। মাহীর 10 kmh^{-1} বেগে স্রোতের সাথে α কোণে এবং নিধি 9 kmh^{-1} বেগে স্রোতের সাথে লম্বভাবে সাঁতার কাটতে শুরু করলো।

ক. সরণ ভেক্টর কী? ১

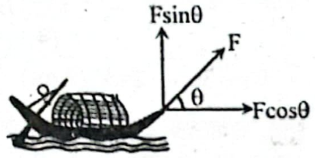
খ. নৌকার গুণ টানার সময় দড়ি যত লম্বা হয় নৌকা তত দ্রুত চলে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. α-কোণের মান কত হলে মাহীর সোজাসুজি নদীর অপর পাড়ে পৌছাবে? ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে কে জিতবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো বস্তু এক অবস্থান থেকে অন্য কোনো অবস্থানে যায়, তখন আদি অবস্থানকে পাদবিন্দু এবং শেষ অবস্থানকে শীর্ষবিন্দু বিবেচনা করে প্রাপ্ত যে ভেক্টর দ্বারা বস্তুর সরণের মান ও দিক নির্দেশিত হয়, তাই সরণ ভেক্টর।



খ নৌকার গুণ টানার সময় টান বল পরস্পর লম্বভাবে দুটি উপাংশে বিভক্ত হয়ে যায়। অনুভূমিক উপাংশ Fcosθ নৌকাকে সামনে এগিয়ে যেতে সাহায্য করে। গুণ টানার জন্য লম্বা দড়ি ব্যবহার করলে অনুভূমিকের সাথে θ এর মান কমে যাবে। ফলে cosθ এর মান বেড়ে যাবে অর্থাৎ, অনুভূমিক উপাংশ Fcosθ এর মান বেড়ে যাবে। ফলে নৌকা দ্রুত সামনে অগ্রসর হবে অথবা কম টান বল প্রয়োগ করে সহজেই নৌকাকে সামনে এগিয়ে নেয়া যাবে।

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: α এর মান 126.87° হলে অর্থাৎ, স্রোতের দিকের সাথে মাহীর 126.87° কোণে রওনা হলে সোজাসুজি অপর পাড়ে পৌছাবে।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: নদী পার হতে মাহীরের চেয়ে নিধির কম সময় লাগবে। সুতরাং, নিধি অপর পাড়ে আগে পৌছাবে এবং জয়ী হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৭ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ২

একদিন একটি অঞ্চলের তাপমাত্রা ও বাতাসের বেগ পাওয়া গেল যথাক্রমে, $Q = 2xy^2z^3 - 4xy$ ও $\vec{v} = (y^2\cos x + z^3)\hat{i} + (2y\sin x - 4)\hat{j} + (3xz^2 + 2)\hat{k}$.

ক. ডট গুণন কী? ১

খ. ঘূর্ণনরত পৃথিবী সূর্য হতে দূরে সরে গেলে এর বেগ কমে যায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. (1, –1, 2) বিন্দুতে ঐ অঞ্চলের তাপমাত্রার গ্রেডিয়েন্ট নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ঐদিন ঐ অঞ্চলের বাতাসে কোনো ঘূর্ণন ছিলো কিনা তা গানিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মত দাও। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গুণনে দুটি সমজাতীয় বা ভিন্ন ভেক্টর গুণ করলে গুণফল একটি স্কেলার রাশি হয়, সেই গুণনই ডট গুণন।

খ পর্যায়কাল T এবং কক্ষপথের ব্যাসার্ধ r হলে, কেপলারের তৃতীয় সূত্রানুসারে,

$$T^2 \propto r^3$$

বা, $\left(\frac{2\pi}{\omega}\right)^2 \propto r^3 \left[\because \omega = \frac{2\pi}{T}\right]$

বা, $\left(\frac{2\pi r}{v}\right)^2 \propto r^3 \left[\because v = r\omega \text{ বা, } \omega = \frac{v}{r}\right]$

বা, $\frac{4\pi^2 r^2}{v^2} \propto r^3$

বা, $v^2 \propto \frac{1}{r}$

$\therefore v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$

অর্থাৎ, কক্ষপথের ব্যাসার্ধ বাড়লে বেগ কমে যায়। তাই পৃথিবী সূর্যের থেকে দূরে সরে গেলে তার বেগ কমে যায়।

গ তাপমাত্রার গ্রেডিয়েন্ট,

এখানে,
তাপমাত্রা,
$Q = 2xy^2z^3 - 4xy$

$$\text{grad } Q = \vec{\nabla} Q$$

$$= \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right) Q$$

$$= \left(\frac{\partial Q}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial Q}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial Q}{\partial z}\hat{k}\right)$$

$$= \left[\frac{\partial}{\partial x}(2xy^2z^3 - 4xy)\,\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}(2xy^2z^3 - 4xy)\,\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}(2xy^2z^3 - 4xy)\,\hat{k}\right]$$

$$= (2y^2z^3 - 4y)\,\hat{i} + (4xyz^3 - 4x)\,\hat{j} + 6xy^2z^2\,\hat{k}$$

এখন, (1, – 1, 2) বিন্দুতে,

$$\vec{\nabla} Q = \{2.(-1)^2.2^3 - 4(-1)\}\,\hat{i} + \{4.1.(-1).(2)^3 - 4.1\}\,\hat{j} + 6.1(-1)^2.(2^2)\,\hat{k}$$

$$= 20\,\hat{i} - 36\,\hat{j} + 24\,\hat{k} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ বাতাসের বেগ $\vec{v}$ এর কার্ল নির্ণয়ের মাধ্যমে এর ঘূর্ণন সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়।

এখানে, $\vec{v} = (y^2\cos x + z^3)\,\hat{i} + (2y\sin x - 4)\,\hat{j} + (3xz^2 + 2)\,\hat{k}$

এখন, $\vec{v}$ এর কার্ল

$$\text{Curl } \vec{v} = \vec{\nabla} \times \vec{v} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ y^2\cos x + z^3 & 2y\sin x - 4 & 3xz^2 + 2 \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}\left\{\frac{\partial}{\partial y}(3xz^2 + 2) - \frac{\partial}{\partial z}(2y\sin x - 4)\right\} - \hat{j}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(3xz^2 + 2) - \frac{\partial}{\partial z}(y^2\cos x + z^3)\right\} + \hat{k}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(2y\sin x - 4) - \frac{\partial}{\partial y}(y^2\cos x + z^3)\right\}$$

$$= \hat{i}\,(0 - 0) - \hat{j}\,\{3z^2 - 3z^2\} + \hat{k}\,\{2y\cos x - 2y\cos x\}$$

$$= 0\,\hat{i} + 0\,\hat{j} + 0\,\hat{k} = 0$$

যেহেতু $\vec{\nabla} \times \vec{v} = 0$, এজন্য $\vec{v}$ ভেক্টর ক্ষেত্রটি অঘূর্ণনশীল।
সুতরাং বলা যায়, ঐ দিন ঐ অঞ্চলের বাতাসে কোনো ঘূর্ণন ছিলো না।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ সিলেট বোর্ড ২০২২ ▌ প্রশ্ন নং ১

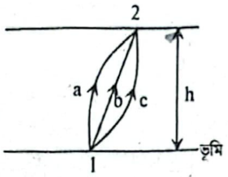
কোনো একদিন 10 ms^{-1} বেগে খাড়াভাবে বৃষ্টি পড়ছিল। এ সময় একজন ব্যক্তি 20 ms^{-1} বেগে গাড়ি চালিয়ে যাচ্ছিলেন।

ক. টর্ক কাকে বলে? ১
খ. অভিকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গাড়ি চালক বৃষ্টির বেগ কত পরিলক্ষিত করবেন?
ঘ. যদি গাড়ির গতির বিপরীত দিকে 25 ms^{-1} বেগে বায়ুপ্রবা চলে তবে ঐ ব্যক্তি দুই ক্ষেত্রে বৃষ্টি বেঁকে পড়ার পরিমা একই পরিলক্ষিত করবেন কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত উপস্থাপন করো।

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

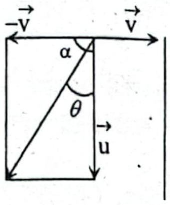
ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে। অন্যভাবে বলা যায়, যা বস্তুর কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন করতে পারে তাকে টর্ক বলে।

খ সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃতকজ শূন্য হয়। এই বল দ্বারা কৃতকাজ পথের ওপর নির্ভর করে না।



এখন, ধরা যাক m ভরের কোনো বস্তুকে ভূমি তথা 1নং অবস্থান হতে 2নং অবস্থানে h উচ্চতায় তোলা হলো। এক্ষেত্রে বস্তুটি তোলার জন্য অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। এ কারণে বস্তুটিকে a, b, c বা অন্য যে কোনো পথে 2নং অবস্থানে নিতে কৃতকাজ হবে $W_{12} = -mgh$। আবার 2নং অবস্থান হতে বস্তুটিকে 1 নং অবস্থানে নিতে (যেকোনো পথে) কৃতকাজ অভিকর্ষ বলের দ্বারা কৃতকাজ হবে। এই ক্ষেত্রে $W_{21} = mgh$। সুতরাং, বস্তুটিকে 1নং অবস্থান হতে 2নং অবস্থানে তুলে আবার 1নং অবস্থানে ফিরিয়ে আনতে মোট কৃতকাজ, $W = W_{12} + W_{21} = -mgh + mgh = 0$।
তাই বলা যায় যে, অভিকর্ষজ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।

গ



মনে করি, বৃষ্টির বেগ, $u = 10$ ms^{-1}
ব্যক্তির বেগ, $v = 20$ ms^{-1}
কোণ, $\alpha = 90°$
ব্যক্তির সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ, $v_r = ?$

ধরা যাক, বৃষ্টির ফোটার বেগ $\vec{u}$ ব্যক্তির বেগ $\vec{v}$ (উপরের চিত্র)। সুতরাং ব্যক্তির সাপেক্ষে বৃষ্টির ফোঁটার বেগ $\vec{v}_r$ হলে,

$$v_r = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv\cos(\pi - \alpha)}$$

$$= \sqrt{(10)^2 + (20)^2 + 2(10)(20)\cos 90°}$$

$$= \sqrt{100 + 400} = \sqrt{500} = 22.36 \text{ ms}^{-1}$$

আবার,

$$\tan\theta = \frac{v\sin(\pi - \alpha)}{u + v\cos(\pi - \alpha)} = \frac{20\sin 90°}{10 + 20\cos 90°} = \frac{20}{10} = 2$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1}(2) = 63.43°$$

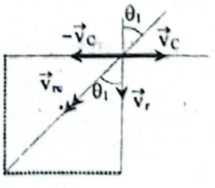
সুতরাং, গাড়ি চালকের সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগের মান 22.36 ms^{-1} এবং এই বেগ উল্লম্বের সাথে 63.43° কোণ তৈরি করে। অর্থাৎ, গাড়ি চালক বৃষ্টির বেগ 22.36 ms^{-1} পরিলক্ষিত করবেন। **(Ans.)**

ঘ বায়ুপ্রবাহ না থাকলে গাড়ির সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ উল্লম্বের সাথে θ_1 কোণ তৈরি করলে,

$$\tan\theta_1 = \frac{v_C}{v_r} = \frac{20}{10} = 2$$

$$\therefore \theta_1 = \tan^{-1}(2) = 63.435°$$

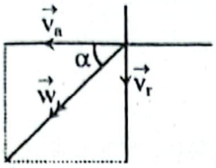
অর্থাৎ, বায়ুপ্রবাহ না থাকলে ঐ ব্যক্তি উল্লম্বের সাথে 63.435° কোণে বৃষ্টি পড়তে দেখবেন।



এখানে,
গাড়ির বেগ, $v_C = 20\ ms^{-1}$
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 10\ ms^{-1}$
বাতাসের বেগ, $v_a = 25\ ms^{-1}$

এখন, গাড়ির গতির বিপরীত দিকে $25\ ms^{-1}$ বেগে বায়ুপ্রবাহ চললে, বৃষ্টি ও বাতাসের লব্ধি বেগ w হলে,

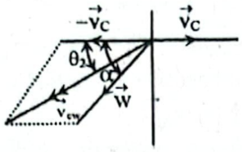
$$w = \sqrt{v_r^2 + v_a^2}$$
$$= \sqrt{(10)^2 + (25)^2}$$
$$= 26.9258\ ms^{-1}$$



উক্ত লব্ধি বেগ w, অনুভূমিকের সাথে α কোণ তৈরি করলে,

$\tan\alpha = \frac{v_r}{v_a} = \frac{10}{25} = 0.4\ \therefore\ \alpha = \tan^{-1}(0.4) = 21.8°$

এখন, গাড়ির গতির বিপরীত বেগ $(-\vec{v}_C)$ এর সাথে $\vec{w}$ এর কোণ $\alpha = 21.8°$



এদের লব্ধি $\vec{v}_{cw}$ অনুভূমিকের সাথে θ_2 কোণ তৈরি করলে,

$$\tan\theta_2 = \frac{w\sin\alpha}{v_C + w\cos\alpha} = \frac{26.9258\sin 21.8°}{20 + 26.9258\cos 21.8°} = 0.2222$$

$\therefore\ \theta_2 = \tan^{-1}(0.2222) = 12.528°$

সুতরাং, বায়ুপ্রবাহ থাকলে ঐ ব্যক্তি উল্লম্বের সাথে (90° – 12.528°) বা 77.472° কোণে বৃষ্টি পড়তে দেখবেন।

এজন্য বলা যায়, ঐ ব্যক্তি দুই ক্ষেত্রে বৃষ্টি বেঁকে পড়ার পরিমাপ একই পরিলক্ষিত করবেন না।

প্রশ্ন ▸ ৩৯ সিলেট বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ২

$p(x, y, z) = 2xy^4 - x^2z$ একটি স্কেলার রাশি এবং $\vec{A} = (2x + y)\hat{i} + (3y + z^2)\hat{j} + (-5z + x)\hat{k}$ একটি ভেক্টর রাশি এবং $\vec{B} = (6xy + z^3)\hat{i} + (3x^2 - z)\hat{j} + (3xz^2 - y)\hat{k}$ অপর একটি ভেক্টর রাশি।

ক. ভারকেন্দ্র কী? ১

খ. মহাকর্ষীয় বিভব 12 J/kg বলতে কী বুঝ? ২

গ. (2, –1, –2) বিন্দুতে p এর গ্রেডিয়েন্ট নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যে কোনটি সলিনয়ডাল এবং কোনটি অঘূর্ণনশীল তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন বস্তুর ভেতরে অবস্থিত যে বিন্দুর মধ্য দিয়ে মোট ওজন ক্রিয়া করে সেই বিন্দুই হলো ঐ বস্তুর ভারকেন্দ্র।

খ মহাকর্ষীয় বিভব কখনও ধনাত্মক হয় না। কোন বস্তুর মহাকর্ষীয় বিভব 12 J/kg হয় না, বরং – 12 J/kg হতে পারে। কোনো ভরের উপস্থিতির দরুন এর চারপাশের সৃষ্ট মহাকর্ষ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব – 12 Jkg^{-1} বলতে বোঝায়, উক্ত বিন্দু হতে 1 kg ভরের বস্তুকে অসীমে বা শূন্য মহাকর্ষীয় বিভবের বিন্দুতে নিতে বহিঃস্থ এজেন্ট দ্বারা 12 J কাজ করতে হয়।

গ ৩৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $10\hat{i} - 16\hat{j} - 4\hat{k}$।

ঘ দেওয়া আছে, $\vec{A} = (2x + y)\hat{i} + (3y + z^2)\hat{j} + (-5z + x)\hat{k}$

$\vec{A}$ এর ডাইভারজেন্স div $\vec{A}$

$$= \vec{\nabla}.\vec{A}$$
$$= \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right).\{(2x + y)\hat{i} + (3y + z^2)\hat{j} + (-5z + x)\hat{k}\}$$
$$= \frac{\partial}{\partial x}(2x+y) + \frac{\partial}{\partial y}(3y + z^2) + \frac{\partial}{\partial z}(-5z + x)$$
$$= 2 + 3 - 5 = 0$$

যেহেতু $\vec{\nabla}.\vec{A} = 0$, তাই $\vec{A}$ ভেক্টরটি সলিনয়ডাল।

$\vec{A}$ এর কার্ল curl $\vec{A} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 2x + y & 3y + z^2 & -5z + x \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}\left\{\frac{\partial}{\partial y}(-5z + x) - \frac{\partial}{\partial z}(3y + z^2)\right\} - \hat{j}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(-5z + x) - \frac{\partial}{\partial z}(2x + y)\right\} + \hat{k}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(3y + z^2) - \frac{\partial}{\partial y}(2x + y)\right\}$$

$$= \hat{i}\{0 - 2z\} - \hat{j}\{1 - 0\} + \hat{k}\{0 - 1\}$$
$$= -2z\hat{i} - \hat{j} - \hat{k}$$

যেহেতু, $\vec{\nabla} \times \vec{A} \neq \vec{0}$ তাই, $\vec{A}$ ভেক্টরটি ঘূর্ণনশীল

আবার, $\vec{B} = (6xy + z^3)\hat{i} + (3x^2 - z)\hat{j} + (3xz^2 - y)\hat{k}$

$\vec{B}$ এর ডাইভারজেন্স div $\vec{B}$

$$= \vec{\nabla}.\vec{B}$$
$$= \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right).\{(6xy + z^3)\hat{i} + (3x^2 - z)\hat{j} + (3xz^2 - y)\hat{k}\}$$
$$= \frac{\partial}{\partial x}(6xy + z^3) + \frac{\partial}{\partial y}(3x^2 - z) + \frac{\partial}{\partial z}(3xz^2 - y)$$
$$= 6y + 0 + 6xz = 6xz + 6y$$

যেহেতু, $\vec{\nabla}.\vec{B} \neq 0$, তাই, $\vec{B}$ ভেক্টরটি সলিনয়ডাল না।

$\vec{B}$ এর কার্ল curl $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{B}$

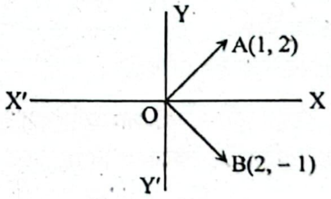
$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 6xy+z^3 & 3x^2 - z & 3xz^2 - y \end{vmatrix} = \hat{i}\left\{\frac{\partial}{\partial y}(3xz^2 - y) - \frac{\partial}{\partial z}(3x^2 - z)\right\}$$
$$- \hat{j}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(3xz^2 - y) - \frac{\partial}{\partial z}(6xy + z^3)\right\} + \hat{k}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(3x^2 - z) - \frac{\partial}{\partial y}(6xy + z^3)\right\}$$
$$= \hat{i}(-1 + 1) - \hat{j}(3z^2 - 3z^2) + \hat{k}(6x - 6x)$$
$$= 0\hat{i} - 0\hat{j} + 0\hat{k} = 0$$

যেহেতু, $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \vec{0}$, তাই $\vec{B}$ ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল।

অর্থাৎ, $\vec{A}$ ভেক্টরটি সলিনয়ডাল এবং $\vec{B}$ ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল।

প্রশ্ন ▸ ৪০ যশোর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১

চিত্রটি লক্ষ করো এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



ক. একক ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের $\overrightarrow{OA}$ ভেক্টরটি Y অক্ষের সাথে কত কোণ উৎপন্ন করবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের $\overrightarrow{OA}$ এবং $\overrightarrow{OB}$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টর রাশির মান এক একক তাকে একক ভেক্টর বলে।

ঘ দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না।

$\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ ভেক্টর দুটি যদি α কোণে নত থাকে, তবে এদের লব্ধির মান হবে $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\alpha}$। যখন $\alpha = 180°$, তখন R ন্যূনতম হয়। অর্থাৎ লব্ধি ভেক্টরের ন্যূনতম মান, $R = \sqrt{P^2 + Q^2 - 2PQ} = \sqrt{(P - Q)^2} = P - Q$। দেখা যাচ্ছে, কেবল এবং কেবল যদি $P = Q$ হয় তবে R এর মান শূন্য হবে। অন্যথায় লব্ধির ন্যূনতম একটি মান থাকবে। সুতরাং দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি কখনোই শূন্য হতে পারে না।

গ A(1, 2) বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর, $\vec{OA} = \hat{i} + 2\hat{j}$

$|\vec{OA}| = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5}$ একক

Y অক্ষের সাথে $\vec{OA}$ ভেক্টরের কোণ α হলে,

$$\cos\alpha = \frac{\vec{OA}\cdot\hat{j}}{|\vec{OA}|\,|\hat{j}|} = \frac{(\hat{i} + 2\hat{j})\cdot\hat{j}}{\sqrt{5}\times 1} = \frac{2}{\sqrt{5}} \quad \therefore \alpha = \cos^{-1}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right) = 26.565°$$

$\therefore$ $\vec{OA}$ ভেক্টরটি Y অক্ষের সাথে 26.565° কোণ উৎপন্ন করে। **(Ans.)**

ঘ A(1, 2) বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর, $\vec{OA} = \hat{i} + 2\hat{j}$

B(2, –1) বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর, $\vec{OB} = 2\hat{i} - \hat{j}$

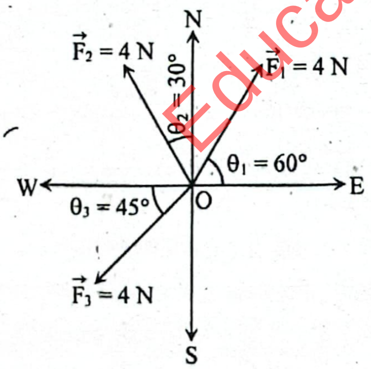
আমরা জানি, 2টি ভেক্টর পরস্পর লম্ব হলে তাদের ডট গুণফল শূন্য হয়।

এখন, $\vec{OA}\cdot\vec{OB} = (\hat{i} + 2\hat{j})\cdot(2\hat{i} - \hat{j}) = 2 - 2 = 0$

যেহেতু, $\vec{OA}\cdot\vec{OB} = 0$, তাই $OA \perp OB$

$\therefore$ উদ্দীপকের $\vec{OA}$ ও $\vec{OB}$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব।

প্রশ্ন ▶ ৪১ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ❚ প্রশ্ন নং ১



চিত্রে তিনটি সমতলীয় ভেক্টর O বিন্দুতে ক্রিয়াশীল রয়েছে।

ক. স্বাধীন ভেক্টর কী? ১

খ. নাল ভেক্টরের দিক ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{F}_1$ ও $\vec{F}_2$ ভেক্টর দুটি একটি সামান্তরিকের দু'টি বাহু নির্দেশ করলে সামান্তরিকটির ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

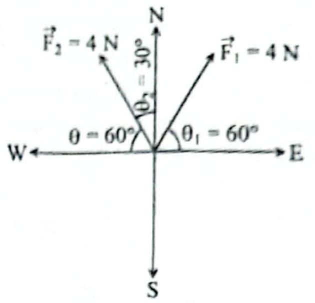
ঘ. $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ও $\vec{F}_3$ ভেক্টর তিনটির মিলিত ফল কোন দিকে ক্রিয়া করবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মন্তব্য করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট নয় বা যে ভেক্টরের পাদবিন্দু ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্তন করা যায়, তাই স্বাধীন ভেক্টর।

খ নাল ভেক্টর হলো শূন্য ভেক্টর। এর মান শূন্য বলে এর কোনো সুনির্দিষ্ট দিক নির্ণয় করা সম্ভব নয়। তাই এর দিক যেকোনো দিকেই বিবেচনা করা যেতে পারে।

গ



পূর্ব-পশ্চিম দিক x অক্ষ ও উত্তর-দক্ষিণ দিক y অক্ষ ধরে,

$\vec{F}_1 = |\vec{F}_1|\cos\theta_1\,\hat{i} + |\vec{F}_1|\sin\theta_1\,\hat{j}$

বা, $\vec{F}_1 = 4\cos60°\,\hat{i} + 4\sin60°\,\hat{j}$

$\therefore \vec{F}_1 = 2\,\hat{i} + 2\sqrt{3}\,\hat{j}$

এখানে,
$|\vec{F}_1| = 4$N
$\theta_1 = 60°$

$\vec{F}_2 = |\vec{F}_2|\cos\theta\,(-\hat{i}) + |\vec{F}_2|\sin\theta\,\hat{j}$
$= -4\cos60°\,\hat{i} + 4\sin60°\,\hat{j}$
$= -2\,\hat{i} + 2\sqrt{3}\,\hat{j}$

এখানে,
$\vec{F}_2$ ভেক্টরের ক্ষে
x অক্ষের ঋণাত্ম
দিকের সাথে কো
$\theta = 90° - \theta_2$
$= 90° - 30°$
$= 60°$
$|\vec{F}_2| = 4$N

এখন, $\vec{F}_1$ ও $\vec{F}_2$ ভেক্টরদ্বয় একটি সামান্তরিকের দু'টি বাহু নির্দেশ করলে,

$$|\vec{F}_1 \times \vec{F}_2| = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 2\sqrt{3} & 0 \\ -2 & 2\sqrt{3} & 0 \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}(0 - 0) - \hat{j}(0 - 0) + \hat{k}\,(4\sqrt{3} + 4\sqrt{3})$$
$$= 8\sqrt{3}\,\hat{k}$$

$|\vec{F}_1 \times \vec{F}_2| = \sqrt{(8\sqrt{3})^2} = 8\sqrt{3} = 13.8564$

$\therefore$ সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল = 13.8564 বর্গ একক **(Ans.)**

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ ও $\vec{F}_3$ ভে তিনটির মিলিত ফল পূর্ব দিকের সাথে 124.6° কোণে ক্রিয়া করবে

প্রশ্ন ▶ ৪২ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ❚ প্রশ্ন ন

দেওয়া আছে একটি ভেক্টর ক্ষেত্র–

$\vec{A} = (6xy + z^3)\,\hat{i} + (3x^2 - z)\,\hat{j} + (3xz^2 - y)\,\hat{k}$

ক. কার্ল কী?

খ. বৈদ্যুতিক পাখার বাতাস কীভাবে নিচে নামে? ব্যাখ্যা করো

গ. (2, 1, – 1) বিন্দুতে $\vec{A}$ এর ডাইভারজেন্স নির্ণয় করো।

ঘ. $\vec{A}$ ভেক্টরটি সলিনয়ডাল নাকি সংরক্ষণশীল হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখাও (সংশোধিত)

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের কার্ল একটি ভেক্টর রাশি যা ঐ ক্ষে ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত। ভেক্টর ক্ষেত্রে অবস্থিত একটি বি চারদিকে এর লাইন ইন্টিগ্রালের মান প্রতি একক ক্ষেত্রফলে সর্বোচ্চ য তা উক্ত বিন্দুতে ভেক্টর ক্ষেত্রের কার্ল প্রকাশ করে।

খ ভেক্টরের ক্রস গুণফলের সূত্রানুযায়ী বৈদ্যুতিক পাখা ঘুরলে গ বাতাস লাগে।

বৈদ্যুতিক পাখা ঘোরার সময় এর কৌণিক বেগ ($\vec{\omega}$), কেন্দ্র থে পাখার অবস্থান ভেক্টর $\vec{r}$ হলে, রৈখিক বেগ $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$।

বৈদ্যুতিক পাখা এমনভাবে ঘুরে যাতে কৌণিক বেগ $\vec{\omega}$ এর দিক নি দিকে হয় এবং $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ থেকে ডানহাতি স্ক্রু এর নিয়ম অনুসারে এর দিক হয় বৃত্তাকার পথের স্পর্শক বরাবর। এখন $\vec{\omega}$ এর দিক নি দিকে হওয়ায় পাখা ঘুরলে বাতাস নিচে আসে ও গায়ে বাতাস লাগে।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** –6।

ঘ দেওয়া আছে, ।টি ভেক্টর ক্ষেত্র

$\vec{A} = (6xy + z^3)\,\hat{i} + (3x^2 - z)\,\hat{j} + (3xz^2 - y)\,\hat{k}$

আমরা জানি, কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স শূন্য হলে, ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রটি সলিনয়ডাল হয়। আবার, কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের কার্ল শূন্য হলে, ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রটি সংরক্ষণশীল হয়।

$\vec{A}$ এর ডাইভারজেন্স div $\vec{A} = \vec{\nabla}.\vec{A}$

$$= \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right).\left\{(6xy + z^3)\,\hat{i} + (3x^2 - z)\,\hat{j} + (3xz^2 - y)\,\hat{k}\right\}$$

$$= \frac{\partial}{\partial x}(6xy + z^3) + \frac{\partial}{\partial y}(3x^2 - z) + \frac{\partial}{\partial z}(3xz^2 - y)$$

$$= 6y + 6xz \neq 0$$

যেহেতু, $\vec{\nabla}.\vec{A} \neq 0$, তাই $\vec{A}$ ভেক্টরটি সলিনয়ডাল না।

আবার, $\vec{A}$ এর কার্ল Curl $\vec{A} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 6xy+z^3 & 3x^2-z & 3xz^2-y \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}\left\{\frac{\partial}{\partial y}(3xz^2 - y) - \frac{\partial}{\partial z}(3x^2 - z)\right\} - \hat{j}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(3xz^2 - y) - \frac{\partial}{\partial z}(6xy + z^3)\right\}$$
$$+ \hat{k}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(3x^2 - z) - \frac{\partial}{\partial y}(6xy + z^3)\right\}$$

$$= \hat{i}\,(-1 + 1) - \hat{j}\,(3z^2 - 3z^2) + \hat{k}\,(6x - 6x)$$

$$= 0\,\hat{i} - 0\,\hat{j} + 0\,\hat{k} = \vec{0}$$

দেখা যাচ্ছে, $\vec{\nabla} \times \vec{A} = \vec{0}$, অর্থাৎ $\vec{A}$ ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল ও সংরক্ষণশীল।

অতএব, $\vec{A}$ ভেক্টরটি সলিনয়ডাল নয় কিন্তু সংরক্ষণশীল।

প্রশ্ন ▸ ৪৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = 4\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$

$\vec{B} = \hat{i} - 2\hat{j} - \hat{k}$

$\vec{C} = 4\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k}$

ক. অবস্থান ভেক্টরের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. "আয়ত একক ভেক্টরের দিক নির্দিষ্ট হলেও একক ভেক্টরের দিক নির্দিষ্ট নয়"— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{C}$ বরাবর $\vec{B}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. $|\vec{A} - \vec{B}| > |\vec{B} - \vec{C}| > |\vec{A} - \vec{C}|$; সঠিক/সঠিক নয়— যাচাই করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ $\hat{i}$, $\hat{j}$ ও $\hat{k}$ হচ্ছে যথাক্রমে X, Y ও Z অক্ষ বরাবর আয়ত একক ভেক্টর। এদের দিক সুনির্দিষ্ট এবং এরা পরস্পরের সাথে 90° কোণে অবস্থান করে। অন্যদিকে, কোনো ভেক্টরকে তার মান দিয়ে ভাগ করলে ঐ ভেক্টর বরাবর একক ভেক্টর পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে যখন যে ভেক্টরের একক ভেক্টর নির্ণয় করা হবে, তখন সে দিক বরাবর একক ভেক্টরের দিক পাওয়া যাবে। অর্থাৎ, একক ভেক্টরের আয়ত একক ভেক্টরের ন্যায় সর্বদা দিক নির্দিষ্ট নয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\frac{7}{\sqrt{21}}$

ঘ এখানে প্রদত্ত তিনটি ভেক্টর হলো,

$\vec{A} = 4\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$, $\vec{B} = \hat{i} - 2\hat{j} - \hat{k}$, $\vec{C} = 4\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k}$

$\therefore \vec{A} - \vec{B} = (4\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}) - (\hat{i} - 2\hat{j} - \hat{k}) = 3\hat{i} + 4\hat{j}$

$\therefore |\vec{A} - \vec{B}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$ ....(i)

আবার, $\vec{B} - \vec{C} = (\hat{i} - 2\hat{j} - \hat{k}) - (4\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k})$

$= (-3\hat{i} - 2\hat{k})$

$\therefore |\vec{B} - \vec{C}| = \sqrt{(-3)^2 + (-2)^2} = \sqrt{13}$ ....(ii)

আবার, $\vec{A} - \vec{C} = (4\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}) - (4\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k}) = (4\hat{j} - 2\hat{k})$

$\therefore |\vec{A} - \vec{C}| = \sqrt{4^2 + (-2)^2} = 2\sqrt{5}$......................(iii)

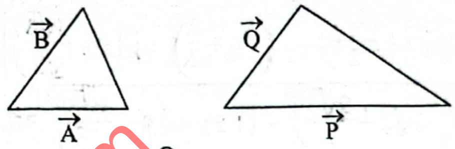
(i), (ii) এবং (iii) নং সমীকরণ তুলনা করে পাই,

$|\vec{A} - \vec{B}| > |\vec{A} - \vec{C}| > |\vec{B} - \vec{C}|$

সুতরাং, $|\vec{A} - \vec{B}| > |\vec{B} - \vec{C}| > |\vec{A} - \vec{C}|$ সম্পর্কটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▸ ৪৪ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = 2\hat{i} + \sqrt{2}\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}$ এবং $\vec{B} = \sqrt{3}\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}$ একটি ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু নির্দেশ করে। $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ ভেক্টরদ্বয় অপর একটি ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু নির্দেশ করে, যেখানে $\vec{P} = 3\vec{A}$ এবং $\vec{Q} = \frac{1}{2}\vec{B}$।



চিত্র-১

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. সমান ভেক্টর, সমান্তরাল ভেক্টর কি-না? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ত্রিভুজদ্বয়ের মধ্যে কোনটি অধিক জায়গা দখল করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ সমজাতীয় দুই বা ততোধিক ভেক্টর যদি একই দিকে ক্রিয়া করে তবে তাদেরকে সমান্তরাল ভেক্টর বলে। আবার, সমজাতীয় দুটি ভেক্টরের মান যদি সমান হয় এবং এদের দিক যদি একই দিকে হয় তবে তাদেরকে সমান ভেক্টর বরে। অর্থাৎ, সমান ভেক্টর হতে হলে প্রথমে ভেক্টরদ্বয়কে সমান্তরাল হতে হবে। তবে সকল সমান্তরাল ভেক্টরই সমান ভেক্টর নয়, কেবল মাত্র সমান্তরাল ভেক্টরের মাঝে যাদের মান সমান তারাই সমান ভেক্টর।

গ আমরা জানি,

$\vec{A}.\vec{B} = AB\cos\theta$

বা, $\cos\theta = \frac{\vec{A}.\vec{B}}{AB}$

এখানে,

$\vec{A} = 2\hat{i} + \sqrt{2}\,\hat{j} - \sqrt{3}\,\hat{k}$

$\vec{B} = \sqrt{3}\,\hat{i} + 3\,\hat{j} - 2\hat{k}$

মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = ?$

$$= \frac{(2\hat{i} + \sqrt{2}\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}).(\sqrt{3}\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k})}{\sqrt{2^2 + (\sqrt{2})^2 + (-\sqrt{3})^2} \times \sqrt{(\sqrt{3})^2 + 3^2 + (-2)^2}}$$

$$= \frac{2\sqrt{3} + 3\sqrt{2} + 2\sqrt{3}}{\sqrt{9} \times \sqrt{16}} = \left(\frac{3\sqrt{2} + 4\sqrt{3}}{12}\right)$$

$$\therefore \theta = \cos^{-1}\left(\frac{3\sqrt{2} + 4\sqrt{3}}{12}\right) = 21.424° \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে উল্লিখিত ত্রিভুজদ্বয়ের মধ্যে যার ক্ষেত্রফল অধিক হবে সেটি অধিক জায়গা দখল করবে।

প্রথম ত্রিভুজের ক্ষেত্রে সন্নিহিত বাহুদ্বয় $\vec{A}$ ও $\vec{B}$.

ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2} \times |\vec{A} \times \vec{B}|$ বর্গ একক

$$= \frac{1}{2} \times \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & \sqrt{2} & -\sqrt{3} \\ \sqrt{3} & 3 & -2 \end{vmatrix} \text{ বর্গ একক}$$

এখানে,

$\vec{A} = 2\hat{i} + \sqrt{2}\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}$

$\vec{B} = \sqrt{3}\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}$

$= \frac{1}{2} \times \left| \hat{i}\,(-2\sqrt{2} + 3\sqrt{3}) - \hat{j}\,(-4+3) + \hat{k}\,(6-\sqrt{6}) \right|$ বর্গ একক

$= \frac{1}{2} \times \sqrt{(3\sqrt{3} - 2\sqrt{2})^2 + 1^2 + (6-\sqrt{6})^2}$

$= 2.192$ বর্গ একক

আবার,

দ্বিতীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রে সন্নিহিত বাহুদ্বয় $\vec{P}$, $\vec{Q}$

$\therefore \vec{P} = 3\vec{A} = 3(2\hat{i} + \sqrt{2}\hat{j} - \sqrt{3}\hat{k}) = (6\hat{i} + 3\sqrt{2}\hat{j} - 3\sqrt{3}\hat{k})$

এবং, $\vec{Q} = \frac{1}{2}\vec{B} = \frac{1}{2}(\sqrt{3}\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}) = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\hat{i} + \frac{3}{2}\hat{j} - \hat{k}\right)$

$\therefore$ ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2} \times |\vec{P} \times \vec{Q}|$ বর্গএকক

$= \frac{1}{2} \times \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 6 & 3\sqrt{2} & -\frac{3}{\sqrt{3}} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{3}{2} & -1 \end{vmatrix}$ বর্গ একক

$= \frac{1}{2} \times \left| \hat{i}\left(-3\sqrt{2} + \frac{9\sqrt{3}}{2}\right) - \hat{j}\left(-6 + \frac{9}{2}\right) + \hat{k}\left(9 - \frac{3\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right) \right|$ বর্গ একক

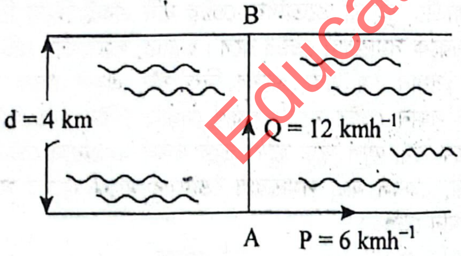
$= \frac{1}{2} \times \sqrt{\left(-3\sqrt{2} + \frac{9\sqrt{3}}{2}\right)^2 + (1.5)^2 + \left(9 - \frac{3\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right)^2}$ বর্গ একক

$= 3.287$ বর্গ একক

যেহেতু, দ্বিতীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল > প্রথম ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল, সুতরাং, দ্বিতীয় ত্রিভুজ অর্থাৎ, $\vec{P}, \vec{Q}$ সন্নিহিত বাহু বিশিষ্ট ত্রিভুজটি অধিক জায়গা দখল করবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৫ সিলেট বোর্ড ২০২১ ▮ প্রশ্ন নং ১

4 km প্রস্থ একটি নদীর পাড়ের 'A' বিন্দু হতে 12 km/hr বেগে একটি নৌকা নদীর অপর পাড়ে যাওয়ার জন্য যাত্রা শুরু করলো। একজন লোক নৌকা চলার শুরু হতে অপর পাড়ের 'B' বিন্দুতে 20 মিনিট অপেক্ষা করে চলে গেল। নদীতে স্রোতের বেগ 6 kmh^{-1}।



ক. তল ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. নাল ভেক্টরের সুনির্দিষ্ট দিক আছে কিনা— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. নৌকার লব্ধি বেগের মান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে অপেক্ষমান লোকটির সাথে নৌকার সাক্ষাৎ হবে কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

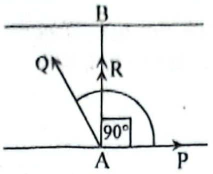
৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ভেক্টর রাশি যে কোনো একটি তল থেকে এর লম্ব বরাবর দিক নির্দেশ করলে তাকে তল ভেক্টর বলে।

খ নাল ভেক্টর হলো শূন্য ভেক্টর। এর মান শূন্য বলে এর কোনো সুনির্দিষ্ট দিক নির্ণয় করা সম্ভব নয়। তাই এর দিক যেকোনো দিকেই বিবেচনা করা যেতে পারে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $6\sqrt{5}$ kmh^{-1} এবং এটি স্রোতের দিকের সাথে 63.43° কোন উৎপন্ন করে।

ঘ A বিন্দু হতে নৌকাটি যাত্রা করে 20 মিনিটের মধ্যে অপর পাড়ের B বিন্দুতে পৌছালে অপেক্ষমান লোকটির সাথে নৌকার সাক্ষাৎ হবে। এজন্য নৌকাটি যদি নদীর প্রস্থ বরাবর চালানো হয় তবে নৌকাটি B বিন্দুতে না পৌছে B বিন্দু হতে ডানদিকে অপর পাড়ে পৌছবে। ধরা যাক, স্রোতের বেগের সাথে α কোণে নৌকা চালালে নৌকাটি B বিন্দুতে পৌছাবে এবং লব্ধির দিক হবে নদীর প্রস্থ বরাবর স্রোতের বেগের সাথে 90° কোণে।



এখানে,
নদীর প্রস্থ d = 4 km
স্রোতের বেগ, P = 6 kmh^{-1}
নৌকার বেগ, Q = 12 kmh^{-1}
ধরা যাক, এদের লব্ধি R
$\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ এর মধ্যবর্তী কোণ α
$\vec{R}$ ও $\vec{P}$ এর মধ্যবর্তী কোণ, θ =

আমরা জানি,

$\tan\theta = \frac{Q\sin\alpha}{P + Q\cos\alpha}$

বা, $\tan 90° = \frac{1}{0} = \frac{Q\sin\alpha}{P + Q\cos\alpha}$

বা, $P + Q\cos\alpha = 0$

বা, $\cos\alpha = \left(-\frac{P}{Q}\right)$

বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(-\frac{6}{12}\right) = \cos^{-1}\left(-\frac{1}{2}\right) = 120°$

$\therefore$ লব্ধি, $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\alpha}$

$= \sqrt{6^2 + (12)^2 + 2 \times 6 \times 12\left(-\frac{1}{2}\right)}$

$= \sqrt{180 - 72} = 6\sqrt{3}$ kmh^{-1}

এখানে, নৌকাটির অপর পাড়ে B বিন্দুতে যেতে t hour সময় লাগলে

$t = \frac{d}{R} = \frac{4}{6\sqrt{3}} h = 0.385h = 23.1 \text{ min} > 20 \text{ min}$

গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে যে নৌকাটির অপর পাড়ে যেতে সময় লাগে তার অনেক আগেই B বিন্দুতে অপেক্ষমান লোকটি যাবে তাই নৌকাটির সাথে তার সাক্ষাৎ হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৪৬ বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▮ প্রশ্ন ন

নিচে তিনটি ভেক্টর দেওয়া আছে।

$\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 4\hat{k}$, $\vec{B} = 5\hat{i} - \hat{j} + 6\hat{k}$, $\vec{C} = 4\hat{i} + 2\hat{j} - 3\hat{k}$

ক. অবস্থান ভেক্টর কী?
খ. $\hat{i}$ ও $\hat{j}$ এর মধ্যবর্তী কোণ 90° এর চেয়ে কম হওয়া সম্ভব নয়— ব্যাখ্যা করো।
গ. $\vec{A}$ এবং $\vec{C}$ এর মধ্যবর্তী কোণ কত?
ঘ. ভেক্টর $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ পরস্পর একই দিকে ক্রিয়াশীল কি না যাচাই করো।

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাই অবস্থান ভেক্টর

খ $\hat{i}$ ও $\hat{j}$ হচ্ছে যথাক্রমে X ও Y অক্ষ বরাবর আয়ত একক ভেক্ট যেহেতু, X ও Y অক্ষ পরস্পর 90° কোণে অবস্থিত তাই বলা যায়, $\hat{j}$ এর মধ্যবর্তী কোণও হচ্ছে 90°। আমরা জানি, $\hat{i} \cdot \hat{j} = 0$। সুতরাং, $= |\hat{i}| \cdot |\hat{j}| \cos\theta$ বা, $0 = 1.1\cos\theta$ বা, $\cos\theta = \cos 90°$। $\therefore \theta = 90°$। সুতরাং, $\hat{i}$ ও $\hat{j}$ এর মধ্যবর্তী কোন সর্বদাই 90° এবং কম হওয়া অসম্ভব।

গ ৪৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** θ = 86.05°

ঘ দুটি ভেক্টরের ক্রস গুণন যদি শূন্য হয়, তবে বলা যাবে ভেক্টর দুটি পরস্পর সমান্তরাল এবং একই দিকে (পরস্পর 0° কোণে) অথবা বিপরীত দিকে (পরস্পর 180° কোণে) ক্রিয়াশীল।

$$\therefore (\vec{A}\times\vec{B}) = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 3 & 4 \\ 5 & -1 & 6 \end{vmatrix}$$

এখানে,

$\vec{A} = (2\hat{i} + 3\hat{j} + 4\hat{k})$

$\vec{B} = (5\hat{i} - \hat{j} + 6\hat{k})$

$= \hat{i}\,(18 + 4) - \hat{j}(12 - 20) + \hat{k}\,(-2 - 15)$

$= 22\hat{i} + 8\hat{j} - 17\hat{k}$

$\therefore |\vec{A}\times\vec{B}| = \sqrt{22^2 + 8^2 + (-17)^2}$

$= 3\sqrt{93} \neq 0$

সুতরাং, $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টর পরস্পর একই দিকে ক্রিয়াশীল নয়।

প্রশ্ন ▸ ৪৭ ঢাকা বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ১

ঘণ্টায় 40 km বেগে পূর্ব দিকে চলমান একটি গাড়ির চালক উত্তর দিকে ঘণ্টায় তার বেগের দ্বিগুণ বেগে একটি ট্রাক চলতে দেখল। পূর্ব দিক ধনাত্মক x-অক্ষ ও উত্তর দিক ধনাত্মক y-অক্ষ বিবেচনা করা হলো।

ক. স্বীকার্য কী? ১

খ. কাজ ও টর্ক এর মান এবং একক সমান হলেও এরা ভিন্ন রাশি— ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. ট্রাকটি প্রকৃতপক্ষে কোন দিকে চলছিল? ৩

ঘ. ট্রাক ও গাড়িটির প্রকৃত বেগ যে তলে অবস্থিত তার উলম্ব দিকে একটি ভেক্টর নির্ণয় করা সম্ভব কি-না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

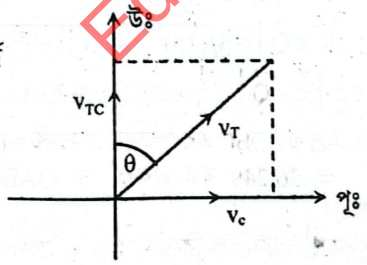
৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বৈজ্ঞানিক তত্ত্ব একটি সার্বিক বিবৃতির মাধ্যমে স্বীকার করে নিলে তাকে স্বীকার্য বলে।

খ কাজ হচ্ছে বল প্রয়োগে যদি কোনো বস্তুর সরণ ঘটে, তবে সেই বলের মান ও উক্ত বল বরাবর সরণের উপাংশের গুণফল।

অপরদিকে, টর্ক হলো নির্দিষ্ট অক্ষ সাপেক্ষে ঘূর্ণনশীল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়াশীল বল ও ঐ অক্ষ হতে উক্ত বলের লম্ব দূরত্বের গুণফল। কাজ ও টর্ক এর মাত্রা ও একক সমান (একক Nm) কিন্তু এরা ভিন্ন রাশি। কারণ এদের সংজ্ঞা ও ব্যবহারিক প্রয়োগ ভিন্ন। তদুপরি, কাজ স্কেলার রাশি হলেও টর্ক ভেক্টর রাশি। কাজ, চলন গতি এবং ঘূর্ণন গতি উভয় প্রকার গতির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হলেও, টর্ক কেবল ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

গ মনে করি, ট্রাকটি উত্তর দিকের সাথে θ কোণে উত্তর-পূর্ব দিকে v_T বেগে চলছিল।



$\therefore v_T{}^2 = v^2{}_{TC} + v_c{}^2$

$v_T = \sqrt{v^2{}_{TC} + v_c{}^2}$

$= \sqrt{(80)^2 + (40)^2}$

$= 40\sqrt{5}\ \text{kmh}^{-1}$

এখানে,

গাড়ির প্রকৃত বেগ, $v_c = 40\text{kmh}^{-1}$

গাড়ির সাপেক্ষে ট্রাকের বেগ,

$v_{TC} = 2 \times 40\ \text{kmh}^{-1}$

$= 80\ \text{kmh}^{-1}$

ট্রাকের প্রকৃত বেগ, $v_T = ?$

আবার, $\tan\theta = \frac{v_C}{v_{TC}}$

$= \frac{40}{80} = \frac{1}{2}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) = 26.57°$

অতএব ট্রাকটি প্রকৃতপক্ষে $40\sqrt{5}\text{kmh}^{-1}$ বেগে উত্তর দিকের সাথে 26.57° কোণে (পূর্ব পার্শ্বে) চলছিল। **(Ans.)**

ঘ এক্ষেত্রে, পূর্ব দিককে X-অক্ষ এবং উত্তর দিককে Y-অক্ষ বিবেচনা করলে,

গাড়ির প্রকৃত বেগ, $v_c = 40$ km/h হতে পাই,

গাড়ির বেগ ভেক্টর, $\vec{v_c} = 40\hat{i}$ km/h

আবার, ট্রাকের প্রকৃত বেগ, $v_T = 40\sqrt{5}$ km/h উত্তর দিকের সাথে 26.57° কোণে পূর্ব পার্শ্বে ক্রিয়া করায়—

ট্রাকের বেগ ভেক্টর, $\vec{v_T} = (40\sqrt{5}\sin 26.57°)\hat{i} + (40\sqrt{5}\cos 26.57°)\hat{j}$

$= (40\,\hat{i} + 80\hat{j}\,)$ km/h

এখন, $\vec{v_c}\times\vec{v_T}$ একটি ভেক্টর যা $\vec{v_c}$ এবং $\vec{v_T}$ এর তলে লম্ব,

$$\therefore \vec{v_c}\times\vec{v_T} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 40 & 0 & 0 \\ 40 & 80 & 0 \end{vmatrix}$$

$= \hat{i}\times 0 - \hat{j}\times 0 + \hat{k}(40\times 80 - 0) = 3200\,\hat{k}$

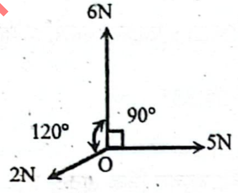
ধরি, $\vec{v_c}$ ও $\vec{v_T}$ যে তলে অবস্থিত তার লম্ব অভিমুখে একক ভেক্টর রাশি = $\hat{\eta}$

$$\therefore \hat{\eta} = \frac{\vec{v_c}\times\vec{v_T}}{|\vec{v_c}\times\vec{v_T}|} = \frac{3200\,\hat{k}}{\sqrt{(3200)^2}} = \hat{k}$$

সুতরাং ট্রাক ও গাড়িটির প্রকৃত বেগ যে তলে অবস্থিত তার উলম্ব দিকে একটি ভেক্টর নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৪৮ দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ১

চিত্র-১ অনুসারে O বিন্দুতে 2 kg ভরের কোনো স্থির বস্তুর উপর 4s ধরে তিনটি বল ক্রিয়া করে। পরবর্তীতে একই বস্তুর উপর কেবলমাত্র 5N ও 6N বল 4s ধরে ক্রিয়া করে।



ক. কার্ল কী? ১

খ. রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশে ভিতরের প্রান্ত অপেক্ষা বাইরের প্রান্ত উঁচু রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম 4s সময়ে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের মান নির্ণয় করো। ৩

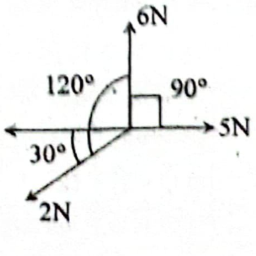
ঘ. উভয় ক্ষেত্রে লব্ধি বলের দিক একই হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্ল হলো কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি, যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে।

খ কোনো মোটর বা রেলগাড়ি যখন বাঁক নেয় তখন এ বাঁকা পথে ঘুরার জন্য একটি কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুখী বল পাওয়া না গেলে গাড়ি জড়তার কারণে বাঁকা পথের স্পর্শক বরাবর চলে যাবে। এতে অনেক সময় গাড়ি উল্টে পড়ে যেতে পারে। সমতল পথে বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ির চাকা ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বল এ কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। কিন্তু ঘর্ষণ বলের মান তথা কেন্দ্রমুখী বলের মান খুব কম হওয়ায় গাড়ি বেশি গতিতে নিতে পারে না। বেশি গতিতে নিতে গেলে কেন্দ্রমুখী বলের মান বাড়াতে হবে। আর সে জন্য বাঁকের মুখে রাস্তার তলকে অনুভূমিক তলের সাথে হেলিয়ে রাখতে হয় যাতে প্রতিক্রিয়া বলের একটি অংশ প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। এই জন্য রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উঁচু রাখা হয়।

গ ধরি, 5 N বলের দিক x-অক্ষ বরাবর এবং 6 N বলের দিক Y-অক্ষ বরাবর।



X-অক্ষ বরাবর বলগুলোর লব্ধির মান,

$F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x}$

$= 5\cos0° + 6\cos90° + 2\cos(180° + 30°)$

$= 5 + 0 - 1.732\text{ N} = 3.268\text{ N}$

এখানে,
$F_1 = 5\text{N}$,
$F_2 = 6\text{N}$
এবং $F_3 = 2\text{N}$

Y-অক্ষ বরাবর বলগুলোর লব্ধির মান,

$F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y}$

$= 5\sin0° + 6\sin90° + 2\sin(180 + 30°) = 0 + 6 - 1\text{ N} = 5\text{ N}$

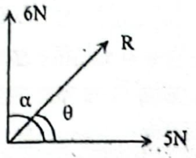
∴ বল তিনটির লব্ধির মান,

$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(3.268)^2 + 5^2} = 5.973$

∴ প্রথম 4s সময়ে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের মান 5.973 N **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের ২য় ক্ষেত্রে, P = 5N এবং Q = 6N এবং α = 90°
X অক্ষের ধনাত্মক দিকের সাথে লব্ধির কোণ θ হলে,

আমরা জানি,



$$\tan\theta = \frac{Q\sin\alpha}{P + Q\cos\alpha}$$

$$= \frac{6\sin90°}{5 + 6\cos90°} = \frac{6}{5}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1}\frac{6}{5} = 50.19°$$

আবার, 'গ' অংশ হতে পাই,

$F_x = 3.268\text{ N}$ এবং $F_y = 5\text{ N}$

$\therefore \tan\theta' = \frac{F_y}{F_x}$ [θ',পূর্বোক্ত ক্ষেত্রে x অক্ষের ধনাত্মক দিকের সাথে লব্ধির কোণ]

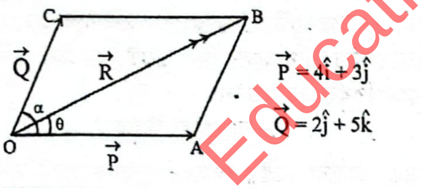
বা, $\theta' = \tan^{-1}\frac{5}{3.268} = 56.83°$

এখানে, $\theta \neq \theta'$

সুতরাং, উভয় ক্ষেত্রে লব্ধি বলের দিক একই হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ সিলেট বোর্ড ২০১৯ ▌ প্রশ্ন নং ১

চিত্রটি লক্ষ করো:


C
B
$\vec{Q}$
$\vec{R}$
$\vec{P} = 4\hat{i} + 3\hat{j}$
α
θ
$\vec{Q} = 2\hat{j} + 5\hat{k}$
O
$\vec{P}$
A

ক. টর্ক কাকে বলে? ১

খ. অবস্থান ভেক্টর একটি স্বাধীন ভেক্টর ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে θ এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ΔOAB ও ΔOBC এর ক্ষেত্রফলের সমষ্টি সামান্তরিক OABC এর ক্ষেত্রফলের সমান কি না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় অথবা কোনো ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ মূলবিন্দুর সাপেক্ষে অন্য কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্দেশ করা হয় তাকে ঐ বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর বলে।

সংজ্ঞানুযায়ী- যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট নয়, তাকেই স্বাধীন ভেক্টর বলে। কিন্তু অবস্থান ভেক্টর সর্বদা স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার মূলবিন্দুর সাপেক্ষে নির্ণয় করা হয়, অর্থাৎ অবস্থান ভেক্টরের পাদবিন্দু মূলবিন্দুতেই সীমাবদ্ধ। তাই অবস্থান ভেক্টর একটি স্বাধীন ভেক্টর কথাটি সত্যি নয়, বরং এটি একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

গ

আমরা জানি,

$\vec{R} = \vec{P} + \vec{Q}$

$= 4\hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{j} + 5\hat{k}$

$= 4\hat{i} + 5\hat{j} + 5\hat{k}$

এখানে,
ভেক্টরদ্বয়, $\vec{P} = 4\hat{i} + 3\hat{j}$
ও $\vec{Q} = 2\hat{j} + 5\hat{k}$
লব্ধি $\vec{R}$ ও $\vec{P}$ এর মধ্যবর্তী কোণ, θ = ?

$\therefore \vec{R} \cdot \vec{P} = RP\cos\theta$

বা, $\cos\theta = \frac{\vec{R} \cdot \vec{P}}{RP} = \frac{(4\hat{i} + 5\hat{j} + 5\hat{k}).(4\hat{i} + 3\hat{j})}{\sqrt{4^2 + 5^2 + 5^2}\sqrt{4^2 + 3^2 + 0^2}}$

$= \frac{4 \times 4 + 5 \times 3 + 5 \times 0}{5\sqrt{66}} = \frac{31}{5 \times 8.124}$

$\therefore \theta = \cos^{-1}(0.76317) = 40.26°$ **(Ans.)**

ঘ চিত্রের OABC সামান্তরিকের দুটি সন্নিহিত বাহু $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$।

OABC সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল = $|\vec{P} \times \vec{Q}|$

$\vec{P} \times \vec{Q} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & 3 & 0 \\ 0 & 2 & 5 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(15 - 0) - \hat{j}(20 - 0) + \hat{k}(8 - 0)$

$= 15\hat{i} - 20\hat{j} + 8\hat{k}$

এখানে,
$\vec{P} = 4\hat{i} + 3\hat{j}$
$\vec{Q} = 2\hat{j} + 5\hat{k}$

∴ OABC সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল = $|\vec{P} \times \vec{Q}|$

$= \sqrt{(15)^2 + (-20)^2 + (8)^2} = 26.249$ বর্গ একক

আবার, ΔOAB এর ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}|\vec{R} \times \vec{P}|$

$\vec{R} \times \vec{P} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & 5 & 5 \\ 4 & 3 & 0 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(0 - 15) - \hat{j}(0 - 20) + \hat{k}(12 - 20)$

$= -15\hat{i} + 20\hat{j} - 8\hat{k}$

এখানে,
$\vec{R} = 4\hat{i} + 5\hat{j} + 5\hat{k}$ ['গ' হতে]
$\vec{P} = 4\hat{i} + 3\hat{j}$

$\therefore |\vec{R} \times \vec{P}| = \sqrt{(-15)^2 + (20)^2 + (-8)^2} = 26.249$

∴ ΔOAB এর ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}|\vec{R} \times \vec{P}| = \frac{1}{2} \times 26.249 = 13.1245$ বর্গ একক

পুনরায়, ΔOBC এর ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}|\vec{R} \times \vec{Q}|$

$\vec{R} \times \vec{Q} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & 5 & 5 \\ 0 & 2 & 5 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(25 - 10) - \hat{j}(20 - 0) + \hat{k}(8 - 0)$

$= 15\hat{i} - 20\hat{j} + 8\hat{k}$

এখানে,
$\vec{R} = 4\hat{i} + 5\hat{j} + 5\hat{k}$
['গ' হতে]
$\vec{Q} = 2\hat{j} + 5\hat{k}$

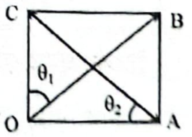
$\therefore |\vec{R} \times \vec{Q}| = \sqrt{(15)^2 + (-20)^2 + (8)^2} = 26.249$

$\therefore \frac{1}{2}|\vec{R} \times \vec{Q}| = \frac{1}{2} \times 26.249 = 13.1245$ বর্গ একক

ΔOAB ও ΔOBC এর ক্ষেত্রফলের সমষ্টি = (13.1245 + 13.1245) বর্গ একক
= 26.249 বর্গ একক, যা OABC সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল এর সমান।

সুতরাং, গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা গেল যে,
ΔOAB ও ΔOBC এর ক্ষেত্রফলের সমষ্টি সামান্তরিক OABC এর ক্ষেত্রফলের সমান।

প্রশ্ন ▸ ৫০ ঢাকা বোর্ড ২০১৭ ▌ প্রশ্ন নং ১



উপরের চিত্র অনুসারে OABC একটি আয়তক্ষেত্র। এর OA এবং OB বাহু দ্বারা দুটি ভেক্টর যথাক্রমে $\vec{P} = \hat{i} - 2\hat{j} - \hat{k}$ এবং $\vec{Q} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}$ নির্দেশিত হয়েছে।

ক. তাৎক্ষণিক বেগ কাকে বলে? ১

খ. পরবশ কম্পন ও অনুনাদের মধ্যে দুইটি পার্থক্য লিখ। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ΔOAB এর ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে θ_1 ও θ_2 এর মধ্যে কোনটি বড় তা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে বের কর। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সময়ের খুব অল্প ব্যবধানে সময়ের সাথে বস্তুর সরণের হারকে তাৎক্ষণিক বেগ বলে।

খ পরবশ কম্পন এবং অনুনাদের মধ্যে পার্থক্য–

পরবশ কম্পন	অনুনাদ
(১) নিজস্ব কম্পাঙ্ক এবং আরোপিত পর্যাবৃত্ত কম্পনের কম্পাঙ্ক সাধারণত সমান হয় না।	(১) নিজস্ব কম্পাঙ্ক এবং আরোপিত পর্যাবৃত্ত কম্পনের কম্পাঙ্ক সমান হয়।
(২) কম্পন বিস্তার কম হয় এবং পর্যায়ক্রমে হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে।	(২) সর্বোচ্চ বিস্তার সহকারে কাঁপতে থাকে।

গ দেওয়া আছে,

OA বাহু দ্বারা নির্দেশিত ভেক্টর, $\vec{P} = \hat{i} - 2\hat{j} - \hat{k}$

OB বাহু দ্বারা নির্দেশিত ভেক্টর, $\vec{Q} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}$

এখন, $\vec{P} \times \vec{Q} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & -2 & -1 \\ 2 & -3 & 2 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(-4-3) - \hat{j}(2+2) + \hat{k}(-3+4)$

$= -7\hat{i} - 4\hat{j} + \hat{k}$

$|\vec{P} \times \vec{Q}| = \sqrt{(-7)^2 + (-4)^2 + (1)^2} = \sqrt{66}$

$\therefore$ ΔAOB এর ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2} \times |\vec{P} \times \vec{Q}|$

$= \frac{1}{2} \times \sqrt{66}\ 0 = 4.062$ বর্গ একক **(Ans.)**

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

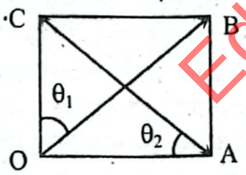
$|\vec{P} \times \vec{Q}| = \sqrt{66}$

বা, $PQ \sin\theta = \sqrt{66}$

বা, $\sqrt{1^2 + (-2)^2 + (-1)^2} \times \sqrt{2^2 + (-3)^2 + 2^2} \times \sin\theta = \sqrt{66}$

$\therefore \theta = 53.55°$

$\therefore$ OA এবং OB এর অন্তর্গত কোণ, $\theta = 53.55°$



$\because$ OABC একটি আয়তক্ষেত্র,

$\therefore \angle AOC = 90°$

$\therefore \theta_1 = 90° - \theta = 90° - 53.55° = 36.45°$

আবার,

Δ AOC এবং Δ OAB সর্বসম।

অতএব, $\angle AOB = \angle OAC$

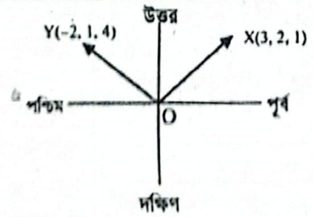
$\therefore \theta_2 = \theta$

$\therefore \theta_2 = 53.55°$

অতএব, $\theta_2 > \theta_1$

অর্থাৎ, θ_2, θ_1 অপেক্ষা বড়।

প্রশ্ন ▸ ৫১ দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১



উদ্দীপকে X ও Y বিন্দু দুইটি কলেজের অবস্থান নির্দেশ করে। O উভয় কলেজের যাত্রা অবস্থানের সাধারণ বিন্দু।

ক. তাৎক্ষণিক ত্বরণ কাকে বলে? ১

খ. উপরের দিকে নিক্ষিপ্ত বস্তুর গতিবেগ হ্রাস পায় কেন? ২

গ. $\overrightarrow{OX}$ ও $\overrightarrow{OY}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. $\overrightarrow{OX}$, $\overrightarrow{OY}$ এর তলের উপর লম্ব একক ভেক্টর এবং $\overrightarrow{OY}$, $\overrightarrow{OX}$ এর তলের উপর লম্ব একক ভেক্টর, একই হবে কি? প্রয়োজনীয় গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যুক্তি দাও। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো বিশেষ মুহূর্তে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে বেগের পরিবর্তনের হারকে ঐ বিশেষ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক ত্বরণ বলে।

খ উপরের দিকে নিক্ষিপ্ত বস্তুর ওপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ বলের দিক নিচের দিকে। তাই অভিকর্ষজ ত্বরণের দিকও খাড়া নিচের দিকে। এ ত্বরণের কারণে উপরের দিকে নিক্ষিপ্ত বস্তুর গতিবেগ হ্রাস পায়।

গ এখানে, X বিন্দুর স্থানাঙ্ক (3, 2, 1)

Y বিন্দুর স্থানাঙ্ক (–2, 1, 4)

তাহলে,

$\overrightarrow{OX} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}$ এবং $\overrightarrow{OY} = -2\hat{i} + \hat{j} + 4\hat{k}$

ধরি, এদের মধ্যবর্তী কোণ θ

আমরা জানি,

$\overrightarrow{OX} \cdot \overrightarrow{OY} = (3\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}) \cdot (-2\hat{i} + \hat{j} + 4\hat{k})$

বা, $|\overrightarrow{OX}|\ |\overrightarrow{OY}| \cos\theta = 3 \times (-2) + 2 \times 1 + 1 \times 4 = 0$

বা, $\cos\theta = 0$

$\therefore \theta = \cos^{-1}0 = 90°$

অতএব, ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ 90°। **(Ans.)**

ঘ $\overrightarrow{OX}$, $\overrightarrow{OY}$ তলের ওপর লম্ব একক ভেক্টর $= \dfrac{\overrightarrow{OX} \times \overrightarrow{OY}}{|\overrightarrow{OX} \times \overrightarrow{OY}|}$

এখানে, $\overrightarrow{OX} \times \overrightarrow{OY} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 2 & 1 \\ -2 & 1 & 4 \end{vmatrix} = \hat{i}\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} - \hat{j}\begin{vmatrix} 3 & 1 \\ -2 & 4 \end{vmatrix} + \hat{k}\begin{vmatrix} 3 & 2 \\ -2 & 1 \end{vmatrix}$

$= 7\hat{i} - 14\hat{j} + 7\hat{k}$

আবার, $|\overrightarrow{OX} \times \overrightarrow{OY}| = \sqrt{7^2 + (-14)^2 + 7^2} = 7\sqrt{6}$

$\therefore \dfrac{\overrightarrow{OX} \times \overrightarrow{OY}}{|\overrightarrow{OX} \times \overrightarrow{OY}|} = \dfrac{7\hat{i} - 14\hat{j} + 7\hat{k}}{7\sqrt{6}} = \dfrac{\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k}}{\sqrt{6}}$

কিন্তু $\overrightarrow{OY}$, $\overrightarrow{OX}$এর তলের উপর লম্ব একক ভেক্টর $= \dfrac{\overrightarrow{OY} \times \overrightarrow{OX}}{|\overrightarrow{OY} \times \overrightarrow{OX}|}$

সুস্পষ্টত: $\overrightarrow{OY} \times \overrightarrow{OX} = -(\overrightarrow{OX} \times \overrightarrow{OY}) = -7\hat{i} + 14\hat{j} - 7\hat{k}$

এবং $|\overrightarrow{OY} \times \overrightarrow{OX}| = |\overrightarrow{OX} \times \overrightarrow{OY}| = 7\sqrt{6}$

$\therefore \dfrac{\overrightarrow{OY} \times \overrightarrow{OX}}{|\overrightarrow{OY} \times \overrightarrow{OX}|} = \dfrac{-7\hat{i} + 14\hat{j} - 7\hat{k}}{7\sqrt{6}} = -\dfrac{\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k}}{\sqrt{6}}$

অর্থাৎ লম্ব একক ভেক্টরদ্বয় মানে সমান হলেও দিকে পরস্পর বিপরীত। $\overrightarrow{OX}$, $\overrightarrow{OY}$এর তলের উপর লম্ব একক ভেক্টর কাগজপৃষ্ঠ হতে লম্বভাবে খাড়া ওপর দিকে ক্রিয়া করে এবং $\overrightarrow{OY}$, $\overrightarrow{OX}$ এর তলের ওপর লম্ব একক ভেক্টর কাগজপৃষ্ঠ হতে লম্বভাবে খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে।

প্রশ্ন ▸ ৫২ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ১

ভেক্টর $\vec{A} = (6xy + z^3)\hat{i} + (3x^2 - 2)\hat{j} + (3xz^3 - y)\hat{k}$

ক. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে? ১

খ. হাটবিট ও গ্রহ সমূহের ঘূর্ণন কালিক-পর্যায়বৃত্ত গতি— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. (1, – 1, 1) বিন্দুতে ডাইভারজেন্স নির্ণয় করো। ৩

ঘ. $\vec{A}$ ভেক্টর কি অঘূর্ণনশীল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সংঘর্ষের আগে ও পরে দুটি বস্তুর মোট গতিশক্তি ও ভরবেগের সমষ্টি উভয়ই অপরিবর্তিত থাকে সেই সংঘর্ষকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

খ কোনো ঘটনার বা বস্তুর গতি যদি নির্দিষ্ট সময় পরপর পুনরাবৃত্তি ঘটে তবে তাকে কালিক পর্যায়বৃত্ত বলে। হার্টবিট ও গ্রহসমূহের ঘূর্ণন কালিক পর্যায়বৃত্ত গতির উদাহরণ। কারণ হার্টবিট ও গ্রহ সমূহের ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই জায়গায় অবস্থান করে এবং একই দিক থেকে একটি নির্দিষ্ট বিন্দু অতিক্রম করে।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3।

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\vec{\nabla} \times \vec{A} \neq 0$, তাই ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল নয়।

প্রশ্ন ▸ ৫৩ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১

জোড়া-১: $\vec{A} = 3\hat{i} - m\hat{j} + 4\hat{k}$ এবং $\vec{B} = 4\hat{i} + 4\hat{j} - \hat{k}$

জোড়া-২: $\vec{P} = 7\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$ এবং $\vec{Q} = n\hat{i} - 10\hat{j} + 3\hat{k}$

জোড়া-১ ও জোড়া-২ এর ভেক্টরগুলো পরস্পর লম্ব।

ক. ভেক্টর রাশি কী? ১

খ. দুটি ভেক্টরের মধ্যবর্তী কোণ যদি 45° হয়, তবে তাদের ডট গুণফল ও ক্রস গুণফলের মান সমান হয়। ব্যাখ্যা করো। ২

গ. জোড়া-১ এর ভেক্টরদ্বয় দ্বারা গঠিত চতুর্ভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে m ও n এর মান কি একই? গাণিতিক যুক্তি দিয়ে তোমার মতামত দাও। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে রাশি সম্পূর্ণরূপে প্রকাশের জন্য মান ও দিক উভয়েরই প্রয়োজন হয় তাই ভেক্টর রাশি।

খ ধরি, দুটি ভেক্টর $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ 45° হলে,

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos 45^\circ = \frac{AB}{\sqrt{2}}$$

এবং $\left|\vec{A} \times \vec{B}\right| = AB \sin 45^\circ = \frac{AB}{\sqrt{2}}$

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = \left|\vec{A} \times \vec{B}\right|$$

অর্থাৎ, দুটি ভেক্টরের মধ্যবর্তী কোণ 45° হলে, তাদের ডট গুণফল ও ক্রস গুণফলের মান সমান হয়।

গ উদ্দীপকের জোড়া-১ এর ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব। সুতরাং

$\vec{A} \cdot \vec{B} = 0$

বা, $(3\hat{i} - m\hat{j} + 4\hat{k}) \cdot (4\hat{i} + 4\hat{j} - \hat{k}) = 0$

বা, $12 - 4m - 4 = 0$

বা, $m = 2$

এখানে,
$\vec{A} = 3\hat{i} - m\hat{j} + 4\hat{k}$
এবং $\vec{B} = 4\hat{i} + 4\hat{j} - \hat{k}$

$\therefore \vec{A} = 3\hat{i} - 2\hat{j} + 4\hat{k}$

$\vec{A}$ ও $\vec{B}$ কে চতুর্ভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু হিসেবে বিবেচনা করা হলে,

ভেক্টরদ্বয় দ্বারা গঠিত চতুর্ভুজের ক্ষেত্রফল $= \left|\vec{A} \times \vec{B}\right|$

$= \left|\vec{A}\right| \left|\vec{B}\right| \sin\theta$

$= \left(\sqrt{3^2 + (-2)^2 + 4^2}\right) \times \sqrt{4^2 + 4^2 + (-1)^2} \times \sin 90^\circ$

$= \sqrt{29} \times \sqrt{33} = 30.93$ বর্গ একক **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, $m = 2$

$\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ পরস্পর লম্ব। তাই এদের ডট গুণফল শূন্য।

$\vec{P} \cdot \vec{Q} = 0$

এখানে,
$\vec{P} = 7\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$
$\vec{Q} = n\hat{i} + 10\hat{j} + 3\hat{k}$

বা, $(7\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}) \cdot (n\hat{i} - 10\hat{j} + 3\hat{k}) = 0$

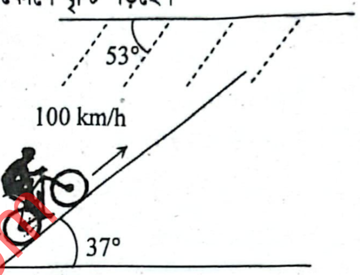
বা, $7n - 2 \times 10 + 2 \times 3 = 0$ বা, $7n = 20 - 6$

বা, $7n = 14$ বা, $n = 2$

সুতরাং, উদ্দীপকে m ও n এর মান একই।

প্রশ্ন ▸ ৫৪ পাবনা ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং

একজন ইলেকট্রিক বাইসাইকেল আরোহী 100 kmh^{-1} বেগে 37° কো আনত একটি তল বরাবর উপরের দিকে উঠছে। 50 kmh^{-1} বে চিত্রের মতো 53° কোণে বৃষ্টি পড়ছে।



ক. আর্গের সংজ্ঞা দাও।

খ. ঘূর্ণন অক্ষ থেকে হাতল দরজার প্রান্তে রাখা সুবিধাজনক কেন

গ. সাইকেল আরোহীর সাপেক্ষে বৃষ্টির বেগ কত?

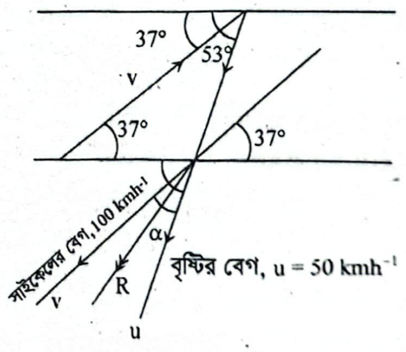
ঘ. সাইকেল আরোহী নিজেকে বৃষ্টি থেকে রক্ষার জন্য কত কো অবশ্যই ছাতা ধরতে হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর 1 ডাইন বল প্রয়োগে বলের দিকে এর 1 cm সরণ ঘটানো হলে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে এক আর্গ বলে।

খ দরজার কজাগামী উল্লম্ব রেখা হলো ঘূর্ণন অক্ষ। ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে দরজাকে দ্রুত ঘুরাতে হলে এর ওপর বেশি মানের টর্ক প্রয়োগ করতে হবে। টর্ক = বল × ঘূর্ণন অক্ষ হতে বলের ক্রিয়াকালের লম্ব দূরত্ব = Fd ধ্রুবমানের বল প্রয়োগের ক্ষেত্রে দরজার বাইরের প্রান্তে বল প্রয়োগ কর হয়, কারণ এক্ষেত্রে টর্কের মান বেশি হয়। অপরদিকে কজা বরাবর ব প্রয়োগ করলে d = 0, তখন টর্ক শূন্য হওয়ায় দরজা ঘুরবে/খুলবে না। তাই ঘূর্ণন অক্ষ তথা কজা থেকে হাতল দরজার প্রান্তে রাখা সুবিধাজনক।

গ



চিত্র থেকে সাইকেল এবং বৃষ্টির বেগের মধ্যবর্তী কোণ α = 16°। সুতরাং সাইকেল আরোহীর সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ,

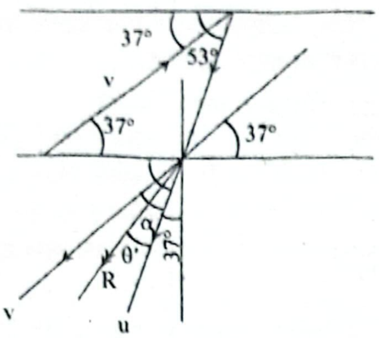
$R = \sqrt{v^2 + u^2 + 2uv \cos \alpha}$

$= \sqrt{(100)^2 + (50)^2 + 2 \times 100 \times 50 \cos 16^\circ}$

$= 148.7\ kmh^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
সাইকেলের বেগ,
$v = 100\ kmh^{-1}$
বৃষ্টির বেগ, $u = 50\ kmh^{-1}$
সাইকেলের সাপেক্ষে বৃষ্টির বেগ, R = ?
মধ্যবর্তী কোণ,
$\alpha = 53^\circ - 37^\circ = 16^\circ$

ঘ



চিত্র থেকে সাইকেল ও বৃষ্টির বেগের মধ্যবর্তী কোণ 16°। মনে করি, বৃষ্টি থেকে রক্ষা পাবার জন্য সাইকেল আরোহীকে θ কোণে ছাতা ধরতে হবে।

$\therefore \tan\theta = \dfrac{100 \sin 16°}{50 + 100 \cos 16°}$

$= 0.1886$

বা, $\theta' = 10.68°$

এখানে,
সাইকেলের বেগ,
$v = 100 \text{ km h}^{-1}$
বৃষ্টির বেগ, $u = 50 \text{ km h}^{-1}$
মধ্যবর্তী কোণ,
$\alpha = 53° - 37° = 16°$

অতএব, সাইকেল আরোহী নিজেকে বৃষ্টি থেকে রক্ষার জন্য উল্লম্বের সাথে $(37° + 10.68°) = 47.68°$ কোণে অবশ্যই ছাতা ধরতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৫ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১

একদিন শান্ত বাতাসে বৃষ্টি 35 km/h বেগে পড়ছিল। ঐ সময় একটি গাড়ি রাস্তায় 72 km/h বেগে চলছিল। গাড়ির পিছনের কাঁচটি অনুভূমিকের সাথে 45° কোণে বাঁকা। কিছু সময় পরে বাতাস প্রবাহিত হতে শুরু করে।

ক. কার্ল কী? ১

খ. "দুটি অসমান ভেক্টরের গুণফল শূন্য হয়" যুক্তি দাও। ২

গ. কেন শান্ত বাতাসে গাড়ির পিছনের কাঁচ ভিজে না? ৩

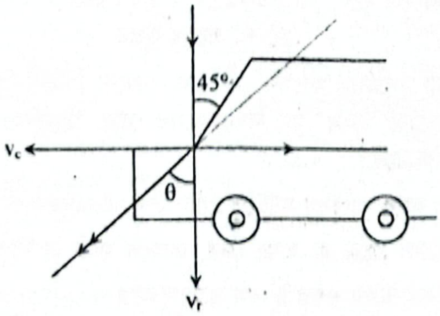
ঘ. বাতাসের বেগ ন্যূনতম কত এবং কোন দিকে হলে গাড়ির পিছনের কাঁচ ভেজা থেকে রক্ষা পাবে? যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্ল হচ্ছে কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি, যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে।

খ দুটি ভেক্টরের গুণফল শূন্য হতে পারে। দুটি অসমান ভেক্টর $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ পরস্পর θ কোণে ক্রিয়া করলে তাদের ডট গুণফল, $\vec{P} \cdot \vec{Q} = PQ \cos\theta$ এবং ক্রস গুণফল, $\left|\vec{P} \times \vec{Q}\right| = PQ \sin\theta$ । যদি P ও Q যদি কোনটিই শূন্য না হয়, তবে $\theta = 90°$ হলে, $\cos\theta = \cos 90° = 0$ । সুতরাং ডট গুণফল শূন্য হবে। আবার, $\theta = 0°$ হলে, $\sin\theta = \sin 0° = 0$ হয়। সুতরাং এদের ক্রস গুণফল শূন্য হবে।

গ



আমরা জানি,

$\tan\theta = \dfrac{v_c}{v_r}$

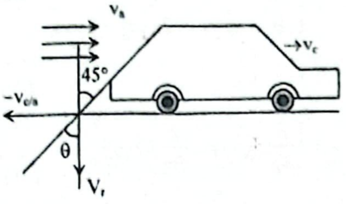
বা, $\theta = \tan^{-1}\dfrac{72}{35} = 64°$

এখানে, $\theta > 45°$

এখানে,
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 35$ km/h
এবং গাড়ির বেগ, $v_c = 72$ km/h
ধরি, উলম্বের সাথে লব্ধি বেগ θ কোণ উৎপন্ন করে

তাই, শান্ত বাতাসে গাড়ির পিছনের কাঁচ ভিজে না।

ঘ



এখানে,
গাড়ির বেগ, $v_c = 72$ km/h
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 35$ km/h
ধরি,
বাতাসের বেগ v_a এবং যা গাড়ির বেগের বিপরীতে প্রবাহিত হচ্ছে।

বাতাসের সাপেক্ষে গাড়ির আপেক্ষিক বেগ $v_{c/a} = v_c - v_a$

গাড়ির কাঁচ কোনোরকম ভিজানো থেকে রক্ষা পাবে

যদি $\theta = 45°$

সুতরাং $\tan\theta = \tan 45°$

বা, $\dfrac{v_{c/a}}{v_r} = 1$

বা, $v_c - v_a = v_r$

বা, $v_c = v_c - v_r = 72 - 35 = 37$ km/h

সুতরাং, বাতাসের বেগের মান ন্যূনতম 37 km/h ও দিক গাড়ির বেগের বিপরীত দিকে হলে গাড়ির পিছনের কাঁচ ভেজা থেকে রক্ষা পাবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৬ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১

একটি স্কেলার ক্ষেত্র, $\phi = 2x^2y^2z^2$ এবং ভেক্টর ক্ষেত্র $\vec{F} = x^2y\hat{i} - 2xyz\hat{j} + 2yz\hat{k}$

ক. পার্কিং কক্ষপথ কাকে বলে? ১

খ. স্টিলের স্থিতিস্থাপক গুণাংক 8.4×10^{10} Nm^{-2} -ব্যাখ্যা করো। ২

গ. স্কেলার ক্ষেত্রটির গ্রেডিয়েন্টের ডাইভারজেন্স নির্ণয় করো। ৩

ঘ. (1, −2, 1) বিন্দুতে $\vec{F}$ এর কার্ল কী দ্বিমাত্রিক হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মহাকাশযান তার চূড়ান্ত কক্ষপথ বা গন্তব্যে যাওয়ার আগে যে কক্ষপথে কিছু সময় অবস্থান করে তাকে পার্কিং কক্ষপথ বলে।

খ স্টিলের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক 8.4×10^{10} Nm^{-2} বলতে বোঝায় যে, 1m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট স্টিলের দণ্ডের দৈর্ঘ্য বরাবর 8.4×10^{10}N বল প্রয়োগ করলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

গ ϕ এর গ্রেডিয়েন্ট

$$\text{grad}\,\phi = \vec{\nabla}\phi$$

$$= \left(\frac{\delta}{\delta x}\hat{i} + \frac{\delta}{\delta y}\hat{j} + \frac{\delta}{\delta z}\hat{k}\right)\phi$$

$$= \frac{\delta}{\delta x}\phi\hat{i} + \frac{\delta}{\delta y}\phi\hat{j} + \frac{\delta}{\delta z}\hat{k}$$

$$= \frac{\delta}{\delta x}(2x^2y^2z^2)\,\hat{i} + \frac{\delta}{\delta x}(2x^2y^2z^2)\,\hat{j} + \frac{\delta}{\delta z}(2x^2y^2z^2)\,\hat{k}$$

$$= 4xy^2z^2\hat{i} + 4x^2yz^2\hat{j} + 4x^2y^2z\hat{k}$$

এখানে,
স্কেলার ক্ষেত্র, $\phi = 2x^2y^2z^2$

আবার, ϕ এর গ্রেডিয়েন্টের ডাইভারজেন্স বা div(grad ϕ)

$= \vec{\nabla}.(\text{grad}\phi)$

$$= \left(\frac{\delta}{\delta x}\hat{i} + \frac{\delta}{\delta y}\hat{j} + \frac{\delta}{\delta z}\hat{k}\right) . (4xy^2z^2\hat{i} + 4x^2yz^2\hat{j} + 4x^2y^2z\hat{k})$$

$$= \frac{\delta}{\delta x}(4xy^2z^2) + \frac{\delta}{\delta y}(4x^2yz^2) + \frac{\delta}{\delta z}(4x^2y^2z)$$

$$= 4y^2z^2 + 4x^2z^2 + 4x^2y^2 \text{ (Ans.)}$$

ঘ $\vec{F}$ এর কার্ল $\text{Curl}\vec{F} = \vec{\nabla} \times \vec{F} =$

$$\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ x^2y & -2xyz & 2yz \end{vmatrix}$$

এখানে,
$\vec{F} = x^2y\hat{i} - 2xyz\hat{j} + 2yz\hat{k}$

$$= \hat{i}\left\{\frac{\partial}{\partial y}(2yz) - \frac{\partial}{\partial z}(-2xyz)\right\} + \hat{j}\left\{\frac{\partial}{\partial z}(x^2y) - \frac{\partial}{\partial x}(2yz)\right\} + \hat{k}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(-2xyz) - \frac{\partial}{\partial y}(x^2y)\right\}$$

$$= \hat{i}(2z + 2xy) + \hat{j}\,(0 - 0) + \hat{k}\,(-2yz - x^2)$$

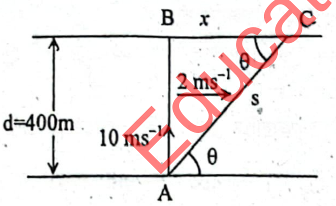
$$= \hat{i}(2z + 2xy) + \hat{k}\,(-2yz - x^2)$$

অতএব (1, – 2, 1) বিন্দুতে $\text{Curl}\,\vec{F} = \hat{i}\,(2 \times 1 + 2 \times 1 \times (-2)) + \hat{k}\,\{-2(-2) \times 1 - 1^2\} = -2\hat{i} + 3\hat{k}$

এখানে শুধু $\hat{i}$ ও $\hat{k}$ এর সহগ রয়েছে। তাই $\vec{F}$ এর কার্ল x-z তল বরাবর কাজ করবে। অর্থাৎ উক্ত (1, – 2, 1) বিন্দুতে $\vec{F}$ এর কার্ল দ্বিমাত্রিক হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৭ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ১

400 m প্রশস্ত একটি নদী 2 ms^{-1} বেগে প্রবাহিত হচ্ছে। নদীর প্রস্থ বরাবর 10 ms^{-1} বেগে একটি নৌকা চলছে।



ক. অবস্থান ভেক্টরের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কোন পরিস্থিতিতে একটি ভেক্টরের উপাংশ তার মানের সমান হবে? ২

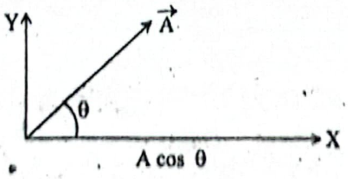
গ. নৌকাটি কত সময় পর অপর তীরে পৌঁছবে? ৩

ঘ. AC এর দূরত্ব কত এবং নৌকাটি সোজা অপর পাড়ে পৌঁছানোর জন্য A বিন্দুতে নৌকাটির উৎপন্ন কোণ কত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ কোনো ভেক্টর যে দিক বরাবর ক্রিয়া করে সে দিক বরাবর উপাংশ নিলে তার মান সমান হবে। অর্থাৎ, ভেক্টর ও ভেক্টর উপাংশের মধ্যবর্তী কোণ 0° হলে তাদের মান পরস্পর সমান হবে।



চিত্রে X অক্ষ বরাবর $\vec{A}$ এর উপাংশ A cos θ, তাই cos θ = 1 হবে θ = 0° হয়। অর্থাৎ, ভেক্টরের ক্রিয়ার দিক বরাবর উপাংশ নিলে উপাংশের মান ভেক্টরের মানের সমান হবে।

গ অপর তীরে পৌঁছানোর জন্য প্রয়োজনীয় সময়,

$$t = \frac{d}{v\sin\alpha}$$

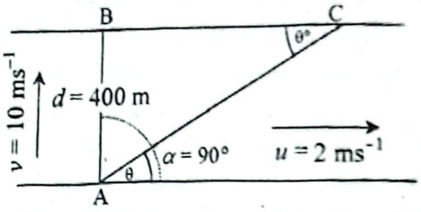
বা, $t = \frac{400}{v\sin 90°}$

বা, $t = \frac{400}{10} = 40$ s

এখানে,
নৌকার বেগ, v = 10 ms^{-1}
মধ্যবর্তী কোণ, α = 90°
নদীর প্রস্থ, d = 400 m
নদী পার হতে প্রয়োজনীয়
t = ?

অতএব, নৌকাটি 40 s সময় পর অপর তীরে পৌঁছাবে। (Ans.)

ঘ



AB বরাবর নৌকা চালনা করে AC বরাবর অপর পাড়ে পৌঁছার ক্ষেত্রে, স্রোত ও নৌকার বেগের মধ্যবর্তী কোণ, $\alpha = 90°$

আমরা জানি,

$$\tan\theta = \frac{v\sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$$

বা, $\tan\theta = \frac{10\sin 90°}{2 + 10\cos 90°}$

$\therefore \theta = 78.69°$

প্রদত্ত চিত্রানুসারে,

ΔABC এ, $\angle ACB = \theta = 78.69°$

$\therefore \sin\theta = \frac{AB}{AC}$

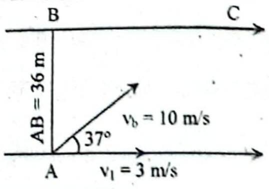
বা, $AC = \frac{AB}{\sin\theta} = \frac{400}{\sin 78.69°} = 0.407$ km

AC বরাবর নৌকার অতিক্রান্ত দূরত্ব = 407.92 m

বাকি অংশ: ৩০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: সোজা অপর পড়ে পৌঁছানোর জন্য A বিন্দুতে নৌকাটির স্রোতের সাথে উৎপন্ন কোণ হবে 101.53°।

প্রশ্ন ▸ ৫৮ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং



ক. ডাইভারজেন্সের সংজ্ঞা দাও।

খ. বালিতে হাঁটা কষ্টকর কেন? ব্যাখ্যা করো।

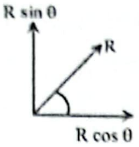
গ. B ও C এর মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় করো।

ঘ: সরাসরি A হতে B তে যেতে হলে সাতারুকে কোনদিকে সাঁতার কাটতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্কেলার ফাংশন, যা দ্বারা কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুতে একটি ভেক্টর ক্ষেত্রের উৎস বা লক্ষ্যস্থলের মান নির্দেশিত হয় তাকে ডাইভারজেন্স বলে।

খ আমরা যখন সাধারণ মাটিতে হাঁটি, তখন আমাদের পা মাটিকে $\vec{F}$ বল প্রয়োগ করে বা ধাক্কা দেয়, তাহলে মাটি এ বলের প্রতিক্রিয়া হিসেবে মানবদেহের ওপর $\vec{R}$ বল প্রয়োগ করে।



$\vec{R}$ এর উল্লম্ব উপাংশ, $R\sin\theta$ আমাদের ওজনের সাথে সাম্যাবস্থায় থাকে এবং অনুভূমিক উপাংশ $R\cos\theta$ এর জন্য আমরা সামনে এগিয়ে চলি।

কিন্তু বালিতে হাঁটার সময় আমরা পা দিয়ে বল প্রয়োগ করলে বালি মাটির ন্যায় দৃঢ় নয় বলে সরে যায় এবং কম প্রতিক্রিয়া বল দেয়। ফলে সামনে এগিয়ে যাওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় বলের তুলনায় প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশ কম হয়। এ কারণেই বালির উপর দিয়ে হাঁটা কষ্টকর হয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 65.73 m

ঘ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** সরাসরি A থেকে B তে যেতে সাতারুকে স্রোতের সাথে 107.45° কোণে সাঁতার কাটতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৯ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৮

একজন ব্যক্তি আনুভূমিক রাস্তায় $4\ kmh^{-1}$ বেগে হাঁটছিল এবং অন্যজন $8\ kmh^{-1}$ বেগে সাইকেল চালাচ্ছিল যখন বৃষ্টি $6\ kmh^{-1}$ বেগে খাড়া নিচের দিকে পড়ছিল।

ক. কার্ল কী? ১

খ. যেকোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের কার্লের ডাইভারজেন্স শূন্য ব্যাখ্যা করো। ২

গ. যে ব্যক্তি হেঁটে চলছে তার সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ নির্ণয় করো। ৩

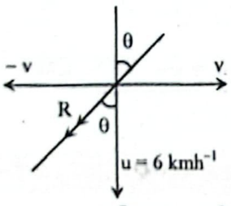
ঘ. বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে দুই ব্যক্তির মধ্যে কাকে অনুভূমিকের সাথে অধিক কোণে আনত করে ছাতা ধরতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্ল হচ্ছে কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে।

খ কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের কার্লের ডাইভারজেন্স শূন্য হয়। কার্ল একটি ভেক্টর অপারেটর, যা একটি ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের পরিমাণ নির্ণয় করে। অপরদিকে ডাইভারজেন্স একটি স্কেলার রাশি, যা ভেক্টর ক্ষেত্রের সংকোচন বা প্রসারণ নির্দেশ করে। কার্লের ডাইভারজেন্স শূন্য হওয়ার কারণ হলো, কার্ল একটি ঘূর্ণন ক্ষেত্র তৈরী করে যার সাথে কোন সংকোচন বা প্রসারণের সম্পর্ক নেই। অর্থাৎ, ঘূর্ণন ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স শূন্য মানে, এর অন্তর্মুখী ও বহির্মুখী প্রবাহের পরিমাণ সমান। গাণিতিকভাবেও ভেক্টর ক্যালকুলাসের মাধ্যমে এটি প্রমাণ করা যায়। সেক্ষেত্রে কোনো ভেক্টরক্ষেত্র, $\vec{V}$ এর জন্য $\vec{\nabla}\cdot(\vec{\nabla}\times\vec{v}) = 0$ হয়।

গ



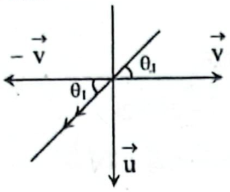
এখানে,
ব্যক্তির বেগ, $v = 4\ kmh^{-1}$
বৃষ্টির বেগ, $u = 6\ kmh^{-1}$
ব্যক্তির সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ, $R = ?$

ব্যক্তির সাপেক্ষে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ,

$$R = \sqrt{v^2 + u^2}$$
$$= \sqrt{4^2 + 6^2}$$
$$= 2\sqrt{13}\ kmh^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ

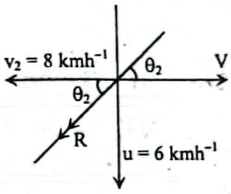
মনে করি,
হেটে চলমান ব্যক্তি বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে আনুভূমিকের সাথে θ_1 কোণে ছাতা ধরবে



এখানে,
ব্যক্তির বেগ,
$v_1 = 4\ kmh^{-1}$
সাইকেল আরোহীর বেগ,
$v_2 = 8\ kmh^{-1}$
বৃষ্টির বেগ,
$u = 6\ kmh^{-1}$

সুতরাং $\tan\theta_1 = \dfrac{u}{v_1}$ বা, $\tan\theta_1 = \dfrac{6}{4}$ বা, $\theta_1 = \tan^{-1}\left(\dfrac{6}{4}\right) = 56.31°$

অপরদিকে, সাইকেল আরোহী বৃষ্টি হতে রক্ষা পেতে আনুভূমিকের সাথে θ_2 কোণে ছাতা ধরলে,



$$\tan\theta_2 = \frac{u}{v_2}$$

বা, $\tan\theta_2 = \dfrac{6}{8}$

বা, $\theta_2 = \tan^{-1}\left(\dfrac{6}{8}\right)$

$= 36.86°$

অতএব, উদ্দীপকের দুই ব্যক্তির মধ্যে হেটে চলমান ব্যক্তির বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে আনুভূমিকের সাথে অধিক কোণে আনত করে ছাতা ধরতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৬০ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ১

দুটি ভেক্টর $\vec{P} = \hat{i} + 2\hat{j} - 2\hat{k}$ এবং $\vec{Q} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + 2\sqrt{3}\hat{k}$ একটি বিন্দুতে লম্বভাবে কাজ করছে।

ক. সদৃশ ভেক্টর কী? ১

খ. কখন ভেক্টর ক্ষেত্র সলিনয়ডাল হয় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ এর লম্ব বরাবর একক ভেক্টর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ঘটনার $\vec{P}$ এর সাথে লব্ধি ভেক্টরের দিক যুক্তি সহকারে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই দিকে ক্রিয়াশীল দুটি সমজাতীয় ভেক্টরকে সদৃশ ভেক্টর বলে।

খ কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স শূন্য হলে উক্ত ভেক্টর ক্ষেত্রটি সলিনয়ডাল হবে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে ঐ বিন্দুতে যে পরিমাণ প্রবাহী প্রবেশ করে ঠিক সেই পরিমাণ প্রবাহী বেরিয়েও যাবে। তখন $\text{div}(\vec{V}) = 0$ হবে। ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স একটি স্কেলার রাশি। কোন প্রবাহীর ডাইভারজেন্সের মান ধনাত্মক হলে বুঝায় প্রবাহীটি প্রসারিত হচ্ছে, ঋণাত্মক হলে বুঝায় প্রবাহীটি সংকুচিত হচ্ছে।

গ এখানে, $\vec{P} = \hat{i} + 2\hat{j} - 2\hat{k}$ এবং $\vec{Q} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + 2\sqrt{3}\,\hat{k}$

$\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ এর লম্ব বরাবর একক ভেক্টর, $\hat{\eta} = \pm\dfrac{\vec{P}\times\vec{Q}}{|\vec{P}\times\vec{Q}|}$

$$\text{এখন, } \vec{P}\times\vec{Q} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & 2 & -2 \\ 3 & 2 & 2\sqrt{3} \end{vmatrix}$$

$$= (4\sqrt{3} + 4)\,\hat{i} - (2\sqrt{3} + 6)\,\hat{j} + (2-6)\,\hat{k}$$

$$= (4 + 4\sqrt{3})\,\hat{i} + (-6 - 2\sqrt{3})\hat{j} - 4\hat{k}$$

$$\text{এবং } |\vec{P}\times\vec{Q}| = \sqrt{(4+4\sqrt{3})^2 + (-6-2\sqrt{3})^2 + (-4)^2}$$

$$= 14.99$$

সুতরাং, লম্ব বরাবর একক ভেক্টর, $\hat{\eta} = \pm \dfrac{\vec{P} \times \vec{Q}}{|\vec{P} \times \vec{Q}|}$

$$= \pm \frac{1}{14.99} \{(4 + 4\sqrt{3})\,\hat{i} - (6 + 2\sqrt{3})\hat{j} - 4\hat{k}\} \text{ (Ans.)}$$

ঘ $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ এর লব্ধি ভেক্টর

$\vec{R} = \vec{P} + \vec{Q}$

$= \hat{i} + 2\hat{j} - 2\hat{k} + 3\hat{i} + 2\hat{j} + 2\sqrt{3}\hat{k}$

$= 4\hat{i} + 4\hat{j} + (-2 + 2\sqrt{3})\hat{k}$

এখানে,

$\vec{P} = \hat{i} + 2\hat{j} - 2\hat{k}$

$\vec{Q} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + 2\sqrt{3}\hat{k}$

$\vec{P}$ এর সাথে লব্ধি $\vec{R}$ এর মধ্যবর্তী কোণ θ হলে,

$|\vec{P}| \,.\, |\vec{R}| \cos\theta = \vec{P}.\vec{R}$

বা, $\cos\theta = \dfrac{\vec{P}\,.\,\vec{R}}{|\vec{P}\,||\,\vec{R}|}$

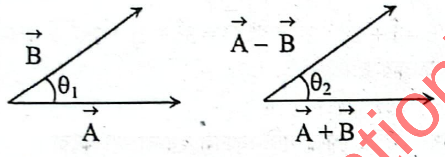
$$= \frac{(\hat{i} + 2\hat{j} - 2\hat{k})\,.\,\{4\hat{i} + 4\hat{j} + (-2 + 2\sqrt{3})\,\hat{k}\}}{\sqrt{1^2 + 2^2 + (-2)^2}.\sqrt{4^2 + 4^2 + (-2 + 2\sqrt{3})^2}}$$

$$= \frac{4 + 8 + 4 - 4\sqrt{3}}{3 \times \sqrt{32 + (-2 + 2\sqrt{3})^2}} = 0.518$$

$\therefore \theta = \cos^{-1}(0.518) = 58.83°$

অতএব, $\vec{P}$ এর সাথে লব্ধি ভেক্টর 58.83° কোণ উৎপন্ন করে।

প্রশ্ন ▶ ৬১ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২



এখানে, $\vec{A} = \hat{i} - \hat{j} + \hat{k}$ এবং $\vec{B} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + 6\hat{k}$

ক. অপারেটর কী? ১

খ. ডানহাতি-স্ক্রু নিয়ম থেকে দিক নির্ণয় করা যায় কেন ব্যাখ্যা করো। ২

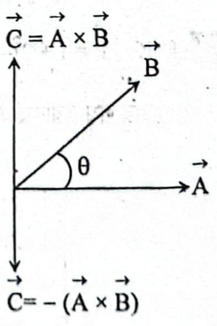
গ. ১ম চিত্রে θ_1 এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুযায়ী $\theta_1 = \theta_2$ হওয়া সম্ভব কীনা— তোমার মতামত দাও। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গাণিতিক চিহ্নের দ্বারা একটি ভেক্টর রাশিকে অন্য একটি স্কেলার বা ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করা যায় বা কোনো পরিবর্তনশীল ভেক্টর রাশির ব্যাখ্যা দেয়া যায় তাই হলো ভেক্টর অপারেটর।

খ দুইটি ভেক্টরকে ক্রস গুণন বা ভেক্টর গুণন করলে যে ভেক্টর পাওয়া যায় তার দিক ডানহাতি স্ক্রু নিয়মে বের করা যায়। এই নিয়মানুসারে ভেক্টর গুণফলের দিক হয় উভয় ভেক্টরের সমতলে লম্বভাবে স্থাপিত একটি ডানহাতি স্ক্রুকে প্রথম ভেক্টর থেকে দ্বিতীয় ভেক্টরের দিকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘোরালে স্ক্রুটি যেদিকে অগ্রসর হয় সেদিকে। চিত্রানুযায়ী স্ক্রুকে $\vec{A}$ থেকে $\vec{B}$ এর দিক ঘোরালে গুণফল $\vec{C}$ এর দিক পাওয়া যাবে।


$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$
$\vec{B}$
θ
$\vec{A}$
$\vec{C} = -(\vec{A} \times \vec{B})$

অন্যদিকে, $\vec{B}$ থেকে $\vec{A}$ এর দিকে ঘোরালে $-\vec{C}$ এর দিক পাওয়া যাবে। $\vec{C}$ এবং $-\vec{C}$ উভয়ই $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর সমতলের উপর লম্ব।

একারণেই ডানহাতি স্ক্রু নিয়মে ভেক্টর গুণনের দিক নির্ণয় করা যায়।

গ ৪৪(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 24.87°।

ঘ এখানে, $A = \hat{i} - \hat{j} + \hat{k}$ ও $B = 2\hat{i} - 3\hat{j} + 6\hat{k}$

$\therefore \vec{A} + \vec{B} = \hat{i} - \hat{j} + \hat{k} + 2\hat{i} - 3\hat{j} + 6\hat{k} = 3\hat{i} - 4\hat{j} + 7\hat{k}$

$\vec{A} - \vec{B} = \hat{i} - \hat{j} + \hat{k} - 2\hat{i} + 3\hat{j} - 6\hat{k} = -\hat{i} + 2\hat{j} - 5\hat{k}$

এখানে, $(\vec{A} + \vec{B})\,.\,(\vec{A} - \vec{B}) = (3\hat{i} - 4\hat{j} + 7\hat{k}).(-\hat{i} + 2\hat{j} - 5\hat{k})$

$= -3 - 8 - 35$

$= -46$

$|\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{3^2 + (-4)^2 + 7^2} = \sqrt{74}$

$|\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{(-1)^2 + 2^2 + (-5)^2} = \sqrt{30}$

আবার, $|\vec{A} + \vec{B}|\,.\,|\vec{A} - \vec{B}|\cos\theta_2 = (\vec{A} + \vec{B})\,.\,(\vec{A} - \vec{B})$

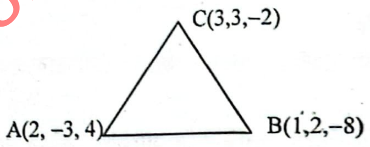
বা, $\theta_2 = \cos^{-1}\dfrac{(\vec{A} + \vec{B})\,.\,(\vec{A} - \vec{B})}{|\vec{A} + \vec{B}||\vec{A} - \vec{B}|} = \cos^{-1}\dfrac{-46}{\sqrt{74} \times \sqrt{30}} = 167.4°$

'গ' হতে পাই, $\theta_1 = 24.87°$

এখানে, $\theta_1 \neq \theta_2$

সুতরাং উদ্দীপক অনুযায়ী $\theta_1 = \theta_2$ হওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬২ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং



ক. আয়ত একক ভেক্টর কী?

খ. দুটি ভেক্টরের ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চলে না— ব্যা করে।

গ. ∠BAC কোণ নির্ণয় কর।

ঘ. $\vec{AB}$, $\vec{BC}$, $\vec{CA}$ ভেক্টরের একই সমতলে থাকবে কি বিশ্লেষণ কর।

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, সেগুলোই আয়ত একক ভেক্টর।

খ $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যকার কোণ θ হলে, $\vec{A} \times \vec{B} = \hat{\eta}\, AB \sin$

আবার, $\vec{B} \times \vec{A} = AB\sin\theta\,(-\hat{\eta}) = -AB\sin\theta\,\hat{\eta}$

অর্থাৎ, $\vec{A} \times \vec{B}$ এর দিক যা হবে, $\vec{B} \times \vec{A}$ এর দিক হবে তার বিপরীত

তাই $\vec{A} \times \vec{B}$ এবং $\vec{B} \times \vec{A}$ ভেক্টরদ্বয়ের মান সমান হলেও দিক পরস্পর বিপরীত। এ কারণে $\vec{A} \times \vec{B} \neq \vec{B} \times \vec{A}$।

অর্থাৎ, ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চলে না।

গ ২৮(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ∠BAC = 24.95°

ঘ ১(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: যেহেতু $\vec{AB}\,.\,\vec{BC} \times \vec{CA} = -216 \neq 0$। অর্থাৎ, ভেক্টর তিনটি একই সমতলে থাকবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং

0.5 km প্রস্থের নদীতে 6 kmh^{-1} বেগে স্রোত প্রবাহিত হচ্ছে। নদীটিতে রহিম ও করিম প্রতিযোগীতার উদ্দেশ্যে সাঁতার কেটে হওয়ার জন্য সিদ্ধান্ত নিল। রহিম 10 kmh^{-1} বেগের স্রোতের সাথে কোণে এবং করিম 9 kmh^{-1} বেগে নূন্যতম দূরত্বে রওনা দিলো।

ক. স্বাধীন ভেক্টর কী? ১

খ. শিশিরাংক 22°C ও বায়ুর তাপমাত্রা 30°C বলতে কী বুঝ? ২

গ. α এর মান কত হলে রহিম ন্যূনতম দূরত্বে নদী পার হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে কে নদী আগে পার হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট নয় বা যে ভেক্টরের পাদবিন্দু ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্তন করা যায়, তাই স্বাধীন ভেক্টর।

খ যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তার ভেতরের জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে। বায়ুর তাপমাত্রা 30°C এবং শিশিরাংক 22°C বলতে বোঝায়, 22°C সেলসিয়াস তাপমাত্রায় ঐ স্থানে শিশির জমতে বা অদৃশ্য হতে শুরু করে এবং ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 30°C হওয়ায়, বায়ু তাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত অবস্থায় আছে।

গ ৩০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** α এর মান 126.86° হলে রহিম ন্যূনতম দূরত্বে নদী পার হবে।

ঘ ১১(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নদী পার হতে করিমের প্রয়োজনীয় সময় t_1 = 3.33 মিনিট এবং রহিমের প্রয়োজনীয় সময়, t_2 = 3.75 মিনিট। সুতরাং, করিম নদী আগে পার হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২

একটি প্রাইভেট কার স্থির বাতাসের মধ্য দিয়ে অনুভূমিক রাস্তা বরাবর চলতে থাকা অবস্থায় সামনে অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে ঢালু রাস্তা দিয়ে উপরের দিকে উঠতে থাকে। প্রাইভেট কারের পিছনের গ্লাস অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে ঢালু এবং অনুভূমিক রাস্তায় চলা অবস্থায় বৃষ্টির ফোঁটা উক্ত গ্লাসে 15° কোণে আঘাত করে। বৃষ্টির ফোঁটার বেগ 5 ms^{-1}.।

ক. মহাকর্ষীয় বিভবের একক কী? ১

খ. দুটি অসম মানের সদৃশ ভেক্টরের বিয়োগফল শূন্য নয় ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বৃষ্টির ফোঁটা অনুভূমিক রাস্তায় পিছনের গ্লাসে কত বেগে আঘাত করবে? ৩

ঘ. ঢালু রাস্তা দিয়ে উপরে উঠার সময় বৃষ্টির ফোঁটা প্রাইভেট কারের পিছনের গ্লাস ভিজাবে কীনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

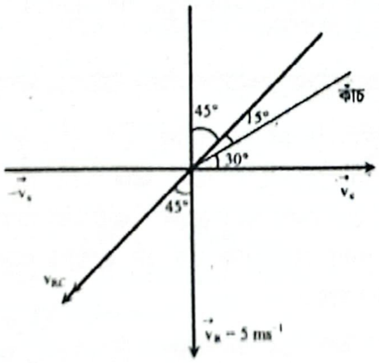
৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাকর্ষীয় বিভবের একক হলো Jkg^{-1}।

খ একই দিকে ক্রিয়াশীল দুটি সমজাতীয় ভেক্টরকে সদৃশ্য ভেক্টর বলে। $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ দুটি সদৃশ ভেক্টর হলে এদের বিয়োগফল হবে, $\vec{A} - \vec{B}$ বা $\vec{B} - \vec{A}$। এই বিয়োগফল শূন্য হলে অবশ্যই $|\vec{A}| = |\vec{B}|$ হবে। অর্থাৎ, ভেক্টর দুটি সমমানের হলে এদের বিয়োগফল শূন্য হবে।

তাই বলা যায়, দুটি অসম মানের সদৃশ্য ভেক্টরের বিয়োগফল শূন্য নয়।

গ



দেওয়া আছে, বৃষ্টির ফোঁটার বেগ, $v_R = 5\ ms^{-1}$

বৃষ্টির ফোঁটা ও গ্লাসের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta_1 = 15°$

গাড়ির পিছনের কাঁচ ও অনুভূমিকের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta_2 = 30°$

∴ বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ ও উলম্বের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 90° - (30 + 15$
$= 45°$

আমরা জানি,

$\tan 45° = \frac{v_C}{v_R}$

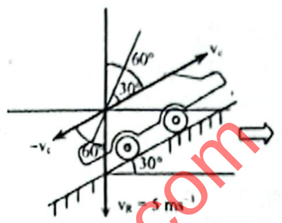
$\therefore v_C = 5\ ms^{-1}$

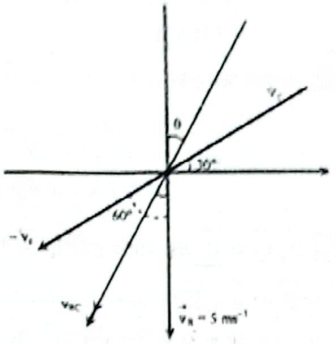
ধরি,
গাড়ির বেগ = v_c

ধরি, বৃষ্টির ফোঁটা v_{RC} বেগে পিছনের গ্লাসে আঘাত করবে।

$$\therefore v_{RC} = \sqrt{v_R^2 + v_C^2 + 2 \times v_R \times v_C \times \cos\alpha}$$
$$= \sqrt{5^2 + 5^2 + 2 \times 5 \times 5 \times \cos 90°} = 5\sqrt{2}\ ms^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ বৃষ্টির ফোঁটা পিছনের কাঁচকে ভিজাবে কিনা তা নির্ণয়ের জন্য গাড়িটি ঢালু রাস্তায় চলা অবস্থায় বৃষ্টির ফোঁটা উলম্বের সাথে কত কোণে গাড়িতে পড়ে তা নির্ণয় করতে হবে।





রাস্তাটি অনুভূমিকের সাথে 30° ঢালু।

ধরি, উলম্বের সাথে বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগের উৎপন্ন কোণ = θ।

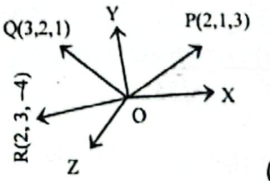
$$\therefore \tan\theta = \frac{v_c \sin60°}{v_R + v_c \cos60°} = \frac{5 \sin60°}{5 + 5\cos60°}\ \text{['গ' হতে পাই, } v_c = 5\ ms^{-1}\text{]}$$
$$= 0.577$$

$\therefore \theta = \tan^{-1}(0.577) = 30°$

অর্থাৎ, বৃষ্টি অনুভূমিকের সাথে (90° – 30°) = 60° কোণে পড়বে।

এখন, গাড়ির কাঁচ অনুভূমিকের সাথে 30° কোণ করে চলে, ঢালু রাস্তায় পেছনের গ্লাসটি অনুভূমিকের সাথে (30° + 30°) = 60° কোণে থাকবে। সুতরাং ,দেখা যাচ্ছে বৃষ্টির ফোঁটা গাড়ির পেছনের গ্লাসের গা বরাবর ঘেষে পড়বে এবং গ্লাসকে ভিজিয়ে দেবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৬



(সংশোধিত)

ক. আদর্শ চাপ কাকে বলে? ১

খ. আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হলে শিশিরাংক কেমন হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ভেক্টর তিনটিকে সন্নিহিত বাহু হিসেবে বিবেচনা করে অঙ্কিত আয়তাকার ঘনবস্তুর আয়তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ভেক্টর তিনটির লব্ধি ভেক্টরের তল ও দিক নির্ণয় সম্ভব কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখাও। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমুদ্রপৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে 0°C তাপমাত্রায় 760 mm বিশুদ্ধ পারদস্তম্ভের চাপকে আদর্শ চাপ বলে।

খ আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% বলতে বুঝায় শিশিরাংকে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ এবং ঐ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ এর অনুপাত 1।

অর্থাৎ, শিশিরাংকে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ = বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ।
বা, শিশিরাংক = বায়ুর তাপমাত্রা।
সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হলে শিশিরাংক বায়ুর তাপমাত্রার সমান হবে।

গ উদ্দীপকের ভেক্টরত্রয় $\vec{P}$, $\vec{Q}$ ও $\vec{R}$ কে তিনটি সন্নিহিত বাহু হিসেবে বিবেচনা করে অঙ্কিত আয়তাকার ঘনবস্তুর আয়তন, $V = \vec{P}\cdot(\vec{Q}\times\vec{R})$।

এখানে,

$$\vec{Q}\times\vec{R} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & -4 \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}(-8-3) - \hat{j}(-12-2) + \hat{k}(9-4)$$
$$= -11\hat{i} + 14\hat{j} + 5\hat{k}$$

এখানে,
$\overrightarrow{OP} = \vec{P} = 2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}$
$\overrightarrow{OQ} = \vec{Q} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}$
$\overrightarrow{OR} = \vec{R} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}$

আয়তাকার ঘনবস্তুর আয়তন, $V = \vec{P}\cdot(\vec{Q}\times\vec{R})$

$$= (2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k})\cdot(-11\hat{i} + 14\hat{j} + 5\hat{k})$$
$$= -(2\times 11) + 14\times 1 + 3\times 5$$
$$= 7 \text{ ঘন একক } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ $\vec{P}$, $\vec{Q}$ ও $\vec{R}$ এর লব্ধি ভেক্টর, $\vec{S}$ হলে,

$$\vec{S} = \vec{P} + \vec{Q} + \vec{R}$$
$$= 2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k} + 3\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k} + 2\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}$$
$$= 7\hat{i} + 6\hat{j}$$

এখানে,
'গ' হতে পাই
$\overrightarrow{OP} = \vec{P} = 2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}$
$\overrightarrow{OQ} = \vec{Q} = 3\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}$
$\overrightarrow{OR} = \vec{R} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}$

সুতরাং, লব্ধি ভেক্টরটি **xy** তলে অবস্থান করবে।

$$|\vec{S}| = \sqrt{7^2 + 6^2} = \sqrt{85}$$

লব্ধি ভেক্টরটির X, Y, Z অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ যথাক্রমে θ_X, θ_Y, θZ হলে,

$$\cos\theta_X = \frac{\vec{S}\,.\,\hat{i}}{|\vec{S}|} = \frac{(7\hat{i} + 6\hat{j})\,.\,\hat{i}}{\sqrt{85}} = \frac{7}{\sqrt{85}}$$

বা, $\theta_X = \cos^{-1}\frac{7}{\sqrt{85}} = 40.6°$

$$\cos\theta_Y = \frac{\vec{S}\,.\,\hat{j}}{|\vec{S}|} = \frac{(7\hat{i} + 6\hat{j})\,.\,\hat{j}}{\sqrt{85}} = \frac{6}{\sqrt{85}}$$

বা, $\theta_Y = \cos^{-1}\frac{6}{\sqrt{85}} = 57.16°$

$$\cos\theta_Z = \frac{\vec{S}\,.\,\hat{k}}{|\vec{S}|} = \frac{(7\hat{i} + 6\hat{j})\,.\,\hat{k}}{\sqrt{85}} = \frac{0}{\sqrt{85}}$$

বা, $\theta_Z = \cos^{-1}\frac{0}{\sqrt{85}} = 90°$

সুতরাং, ভেক্টর তিনটির লব্ধি ভেক্টরের তল ও দিক নির্ণয় সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৬৬ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ‖ প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = 4\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$, $\vec{B} = 2\hat{i} + 2\hat{j} - 4\hat{k}$ এবং $\vec{C} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 9\hat{k}$

ক. পার্কিং অরবিটের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে বৈদ্যুতিক পাখার সকল বিন্দুর কৌণিক বেগ সমান কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টর দুটি যে তলে অবস্থিত সেই তলের একক ভেক্টর বের করো।
ঘ. উদ্দীপকের ভেক্টর তিনটি সমতলীয় হবে কিনা যাচাই করো।

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে নির্দিষ্ট অরবিটে স্থাপনের সাময়িকভাবে যে অরবিটে ঘোরানো হয় তাকে পার্কিং অরবিট

খ সময়ের সাথে বস্তুর কৌণিক সরণের পরিবর্তনের হারকে বেগ বলে। কৌণিক সরণ θ ও সময় t হলে, কৌণিক বেগ, বস্তুটি t সময়ে N সংখ্যক পূর্ণ ঘূর্ণন সম্পন্ন করলে, $\theta = 2\pi N$। বেগ, $\omega = \frac{2\pi n}{t}$, অর্থাৎ কৌণিক বেগ সময় t ও ঘূর্ণন সংখ্যা N নির্ভর করে, ঘূর্ণন অক্ষ থেকে দূরত্বের উপর নির্ভর করে না। পাখার ঘূর্ণনের সময় পাখার সকল বিন্দু একই সময়ে সমান ঘূর্ণন সম্পন্ন করে, তাই সকল বিন্দুর কৌণিক বেগ সমান হয়। ঘূর্ণন অক্ষ থেকে দূরত্ব r ভিন্ন হওয়ায় $v = \omega r$ সূত্রানুসারে বিভিন্ন রৈখিক বেগ বিভিন্ন হয়।

গ ৩১ (গ) নং সৃজনীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $\pm\frac{-12\hat{i} + 20\hat{j} + 4\hat{k}}{4\sqrt{35}}$

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $\left(\vec{A}\times\vec{B}\right).\vec{C} = \vec{0}$। তাই ভেক্টর তিনটি সমতলীয় হবে।

প্রশ্ন ▸ ৬৭ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ‖ প্রশ্ন

সাঁতার প্রতিযোগিতায় একজন সাঁতারুকে জিততে হলে 1 km প্রস্থের min -এ পার হতে হবে। নদীতে স্রোতের বেগ 6 kmh^{-1} এবং নদীতে সাঁতারুর বেগ 8 kmh^{-1}। সাঁতারু নদীর প্রস্থ বরাবর কাটতে শুরু করলেন।

ক. শিশিরাঙ্ক কী?
খ. দরজার হাতল প্রান্তে দেয়া হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।
গ. প্রস্থ বরাবর নদীটি পার হতে চাইলে সাঁতারুকে কোন সাঁতার কাটতে হবে?
ঘ. নির্ধারিত সময়ের মধ্যে সাঁতারু অপর তীরে পৌঁছাতে না তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উপস্থিত দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে।

খ দরজা সহজে খোলা বা বন্ধ করার জন্য দরজার হাতল হয়।
কোন বস্তুকে অক্ষের সাপেক্ষে কত সহজে ঘোরানো যাবে তা নির্ভর ঐ অক্ষের সাপেক্ষে টর্কের উপর। টর্ক, $\vec{\tau} = \vec{r}\times\vec{F}$ বা, $\tau = rF$ সূত্র থেকে বোঝা যায়, $\tau \propto r$। অর্থাৎ অক্ষ থেকে যত দূরে বল করা হয়, টর্ক তত বেশি হয়। এজন্য বেশি টর্ক পাবার জন্য হাতল প্রান্তে দেয়া হয়। যেন কম বল প্রয়োগ করে সহজে খোলা-বন্ধ করা যায়।

গ ৩০ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: স্রোতের সাথে 138.6° কোণে।

ঘ ৪৫ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : সাঁতারুর অপর তীরে পৌঁছাতে সময় লাগে 7.5min যা 7min এর চেয়ে বেশি। তাই নির্ধারিত সময়ের মধ্যে পৌঁছাতে পারবে না।

প্রশ্ন ▸ ৬৮ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ১

একটি ভেক্টর ক্ষেত্র $\vec{A} = 2xz^2\hat{i} - yz\hat{j} + 3xz^3\hat{k}$ এবং একটি স্কেলার ক্ষেত্র $\varphi = 3xy^2z^3 - 4xy$।

ক. ভেক্টর ক্ষেত্র কাকে বলে? ১

খ. প্রবাহী পদার্থের প্রবাহের ক্ষেত্রে ডাইভারজেন্সের তাৎপর্য ব্যাখ্যা করো। ২

গ. (2, 1, 1) বিন্দুতে φ এর গ্র্যাডিয়েন্ট নির্ণয় করো। ৩

ঘ. (1, 1, 1) বিন্দুতে ভেক্টর ক্ষেত্রটির ডাইভারজেন্স এবং কার্ল নির্ণয় করে মন্তব্য করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ক্ষেত্রের সাথে সংশ্লিষ্ট রাশিগুলো যদি ভেক্টর হয় তবে ঐ ক্ষেত্রকে ভেক্টর ক্ষেত্র বলে।

খ ডেল (∇) অপারেটরের সাথে কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের স্কেলার গুণফলকে ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স বলে। একে $\vec{\nabla}\cdot\vec{P}$ বা, div $\vec{P}$ লিখে প্রকাশ করা হয়।

প্রবাহী পদার্থের ক্ষেত্রে ডাইভারজেন্স এর তাৎপর্য হলো—

i. ডাইভারজেন্স দ্বারা একক সময়ে কোনো তরল পদার্থের ঘনত্বের পরিবর্তনের হার বুঝায়।

ii. এর মান ধনাত্মক হলে, তরল পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, ঘনত্বের হ্রাস ঘটে।

iii. এর মান ঋণাত্মক হলে, আয়তনের সংকোচন ঘটে, ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ ৩৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $-\hat{i} + 4\hat{j} + 18\hat{k}$

ঘ ভেক্টর ক্ষেত্র,

$$\vec{A} = 2xz^2\hat{i} - yz\hat{j} + 3xz^3\hat{k}$$

সুতরাং, $\text{div}\,\vec{A} = \vec{\nabla}\cdot\vec{A} = \left(\hat{i}\frac{\delta}{\delta x} + \hat{j}\frac{\delta}{\delta y} + \hat{k}\frac{\delta}{\delta z}\right)\cdot(2xz^2\hat{i} - yz\hat{j} + 3xz^3\hat{k})$

$$= \frac{\delta}{\delta x}(2xz^2) + \frac{\delta}{\delta y}(-yz) + \frac{\delta}{\delta z}(3xz^3)$$

$$= 2z^2 - z + 9xz^2 = 2z^2 - z + 9xz^2$$

এবং $\vec{\nabla}\times\vec{A} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\delta}{\delta x} & \frac{\delta}{\delta y} & \frac{\delta}{\delta z} \\ 2xz^2 & -yz & 3xz^3 \end{vmatrix}$

$$= \hat{i}(0 + y) + \hat{j}(4xz - 3z^3) + \hat{k}(0 - 0)$$

$$= y\hat{i} + (4xz - 3z^3)\hat{j}$$

সুতরাং, (1, 1, 1) বিন্দুতে ভেক্টর ক্ষেত্রটির ডাইভারজেন্স $\vec{\nabla}\cdot\vec{A} = 2\times1^2 - 1 + 9\times1\times1^2 = 10$ এবং কার্ল, $\vec{\nabla}\times\vec{A} = \hat{i} + (4 - 3\times1)\hat{j} = \hat{i} + \hat{j}$ অতএব দেখা যাচ্ছে, ভেক্টর ক্ষেত্রটির ডাইভারজেন্স ও কার্ল অশূন্য।

প্রশ্ন ▸ ৬৯ ঢাকা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

ঘন্টায় 40km বেগে পূর্বদিকে চলমান একটি গাড়ির চালক ঘন্টায় $40\sqrt{3}$ km বেগে একটি ট্রাককে উত্তর দিকে চলতে দেখল। পূর্ব ও উত্তর দিকে যথাক্রমে X অক্ষ ও Y অক্ষ ধরতে হবে।

ক. আয়ত একক ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. দুটি ভেক্টর থেকে কী কী শর্তে নাল ভেক্টর পাওয়া যায়? ২

গ. ট্রাকটির প্রকৃত বেগ কত? ৩

ঘ. গাড়ি ও ট্রাকের পরস্পরের সাপেক্ষে আপেক্ষিক বেগ কী একই হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক অক্ষ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তাদেরকে আয়ত একক ভেক্টর বলে।

খ দুটি ভেক্টর থেকে নাল ভেক্টর বা শূন্য ভেক্টর পাওয়ার শর্ত—

(১) দুটি ভেক্টরের সমষ্টি, $\vec{A} + \vec{B} = \vec{0}$ হবে, যখন $\vec{B} = -\vec{A}$ হবে।

(২) দুটি ভেক্টরের বিয়োগফল শূন্য হবে, যখন $\vec{A} = \vec{B}$ হয় তখন $\vec{A} - \vec{B} = 0$.

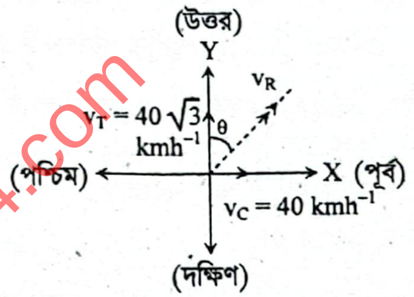
(৩) দুটি ভেক্টরের ডট গুণফল শূন্য ভেক্টর হবে, যখন ভেক্টর দুটি পরস্পর লম্ব হবে।

$$\vec{A}\,.\,\vec{B} = AB\cos\theta = AB\cos(90°) = 0$$

(৪) দুটি ভেক্টরের ক্রস গুণফল শূন্য হবে, যদি ভেক্টরদ্বয় পরস্পর সমান্তরাল হয়।

$$\vec{A}\times\vec{B} = AB\sin\theta = AB\sin(0°) = 0$$

গ



চিত্র অনুযায়ী, ট্রাকটির প্রকৃত বেগ,

$$v_R = \sqrt{v_T^2 + v_C^2}$$

$$= \sqrt{(40\sqrt{3})^2 + (40)^2}$$

$$= 80 \text{ kmh}^{-1}$$

আবার, $\tan\theta = \frac{v_C}{v_T} = \frac{40}{40\sqrt{3}}$

$$\therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 30°$$

সুতরাং, ট্রাকটি প্রকৃতপক্ষে 80 kmh^{-1} বেগে উত্তর দিকের সাথে 30° কোণ করে চলছিল। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুযায়ী,

গাড়ির সাপেক্ষে ট্রাকের আপেক্ষিক বেগ,

$$\vec{v}_{T_C} = \vec{v}_T - \vec{v}_C$$

প্রদত্ত, $\vec{v}_T = 0\times\hat{i} + 40\sqrt{3}\,\hat{j}$

$$\vec{v}_C = 40\times\hat{i} + 0\times\hat{j}$$

$$\therefore \vec{v}_{T_C} = (0 - 40)\,\hat{i} + (40\sqrt{3} - 0)\,\hat{j}$$

$$= -40\,\hat{i} + 40\sqrt{3}\,\hat{j}$$

এবং আপেক্ষিক বেগের মান হলো $= \sqrt{(-40)^2 + (40\sqrt{3})^2}$

$$= 80 \text{ kmh}^{-1}$$

এইভাবে ট্রাকের সাপেক্ষে গাড়ির আপেক্ষিক বেগ,

$$\vec{v}_{C_T} = \vec{v}_C - \vec{v}_T$$

$$= 40\,\hat{i} - 40\sqrt{3}\,\hat{j}$$

এবং মান $|\vec{v}_{C_T}| = \sqrt{(40)^2 + (-40\sqrt{3})^2} = 80 \text{ kmh}^{-1}$

∴ গাড়ি এবং ট্রাকের পরস্পরের সাপেক্ষে আপেক্ষিক বেগের মান একই হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭০ ঢাকা কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৭

ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় দুটি বিন্দুর স্থানাঙ্ক যথাক্রমে— A (1, 0 – 1) ও B (1, 1, 0)।

ক. ডান হাতি স্ক্রু নিয়মটি ব্যাখ্যা কর। ১

খ. একটি বিপ্রতীপ ভেক্টরকে সমরেখ ভেক্টর বলা যেতে পারে— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. $\overrightarrow{AB}$ এর একক ভেক্টর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. A ও B বিন্দুর অবস্থান ভেক্টরের X অক্ষের উপর লম্ব অভিক্ষেপের অনুপাত বের কর। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি ভেক্টরের ভেক্টর গুণফলের দিক হবে উভয় ভেক্টরের ওপর লম্বভাবে স্থাপিত একটি ডানহাতি স্ক্রুকে প্রথম ভেক্টর থেকে দ্বিতীয় ভেক্টরের দিকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘুরালে স্ক্রুটি যে দিকে অগ্রসর হবে সেই দিকে।

খ একই দিকে ক্রিয়াশীল দুটি ভেক্টরের একটির মান অপরটির মানের বিপরীত হলে ভেক্টর দুটিকে পরস্পর বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে। যেমন— $\vec{A} = A\,\hat{a}$ এবং $\vec{B} = \frac{1}{A}\hat{a}$ হলে, $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর বিপ্রতীপ ভেক্টর।

যেহেতু, বিপ্রতীপ ভেক্টরদ্বয় একই দিকে ক্রিয়াশীল তাই, বিপ্রতীপ ভেক্টরকে সমরেখ ভেক্টর বলা যেতে পারে।

গ দুটি বিন্দুর স্থানাংক দেওয়া আছে যথাক্রমে

A(1, 0, – 1) এবং B (1, 1, 0)

$$\therefore \overrightarrow{OA} = (1-0)\hat{i} + (0-0)\hat{j} + (-1-0)\hat{k}$$

$$= \hat{i} - \hat{k}$$

$$\text{এবং } \overrightarrow{OB} = (1-0)\hat{i} + (1-0)\hat{j} + (0-0)\hat{k}$$

$$= \hat{i} + \hat{j}$$

$$\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{OB} - \overrightarrow{OA} = \hat{i} + \hat{j} - (\hat{i} - \hat{k})$$

$$\therefore \overrightarrow{AB} = \hat{j} + \hat{k}$$

$$\text{এখন, } |\overrightarrow{AB}| = \sqrt{0^2 + 1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$$

$$\overrightarrow{AB} \text{ এর একক ভেক্টর} = \frac{\overrightarrow{AB}}{|\overrightarrow{AB}|}$$

$$= \frac{\hat{j} + \hat{k}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}\hat{j} + \frac{1}{\sqrt{2}}\hat{k} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে, A বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর, $\overrightarrow{OA} = \hat{i} - \hat{k}$

এবং B বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর, $\overrightarrow{OB} = \hat{i} + \hat{j}$

X-অক্ষের উপর $\overrightarrow{OA}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ,

$$|\overrightarrow{OA}|\cos\theta_1 = \frac{\overrightarrow{OA}.\hat{i}}{|\hat{i}|} = \frac{(\hat{i} - \hat{k}).\hat{i}}{1} = 1$$

এবং X-অক্ষের উপর $\overrightarrow{OB}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ,

$$|\overrightarrow{OB}|\cos\theta_2 = \frac{\overrightarrow{OB}.\hat{i}}{|\hat{i}|} = \frac{(\hat{i} + \hat{j}).\hat{i}}{1} = 1$$

$$\therefore |\overrightarrow{OA}|\cos\theta_1 : |\overrightarrow{OB}|\cos\theta_2 = 1 : 1$$

∴ A ও B এর অবস্থান ভেক্টরদ্বয়ের X-অক্ষের উপর লম্ব অভিক্ষেপের অনুপাত 1:1।

প্রশ্ন ▸ ৭১ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌ প্রশ্ন

একটি নদীর তীর বরাবর $4ms^{-1}$ বেগে একটি বাস গতিশীল। অপর তীর হতে যার প্রস্থ 1km, এক ব্যক্তি সোজাসুজি দেখতে পেয়ে বাসটি ধরার জন্য স্রোতের সাথে 70° কোণে 6 বেগে নৌকাযোগে রওনা দিলো। নদীতে স্রোতের বেগ $2ms^{-1}$।

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে?

খ. $|\vec{A} \times \vec{B}| = \vec{A} \cdot \vec{B}$ হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো।

গ. নৌকার লব্ধি বেগ কত ছিল?

ঘ. লোকটির পক্ষে বাসটি ধরা সম্ভব হবে কিনা— বিশ্লেষণ করো।

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

১০ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৭২ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌ প্রশ্ন

কোনো একদিন সেলিম ও মুরাদ কোনো স্থানে দাঁড়িয়ে ছিল। বাতাসের বেগ $5ms^{-1}$ যা দক্ষিণ থেকে উত্তরে প্রবাহিত হচ্ছিল। সময় $3ms^{-1}$ বেগে বৃষ্টি পড়তে শুরু করল। বৃষ্টি শুরু হওয়ার পর দক্ষিণ থেকে উত্তরে এবং মুরাদ উত্তর থেকে দক্ষিণে $7ms^{-1}$ চলতে শুরু করল।

ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে?

খ. লন রোলারকে ঠেলা কষ্টকর কেন?

গ. দণ্ডায়মান অবস্থায় বৃষ্টি তাদের গায়ে কত বেগে করবে?

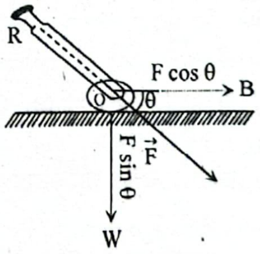
ঘ. চলমান অবস্থায় বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে দুই বন্ধুকে একই ছাতা ধরতে হবে কি-না— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াস হচ্ছে জড়তার ভ্রামক এবং বস্তুটির ও ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বস্তুটির ভারকেন্দ্রের লম্ব দূরত্বের বর্গের দ্বারা এটি পরিমাপ করা হয়।

খ ধরা যাক লন রোলারের হাতলের ওপর প্রযুক্ত বল = $\vec{F}$।

F বল রোলারের O বিন্দুতে অনুভূমিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে



চিত্র: লন রোলার ঠেলা

লন রোলার ঠেলার সময় বলের অনুভূমিক উপাংশ Fcosθ সমান্তরালে ক্রিয়া করে। কিন্তু উল্লম্ব উপাংশ F sinθ নিচের দিকে লন রোলারের ওজন W-এর দিকে ক্রিয়া করে। ফলে লন রোলারের বৃদ্ধি পেয়ে W+Fsin θ হয়। তাই লন রোলার ভারী মনে হয় কারনেই লন রোলার ঠেলা কষ্টকর।

গ ২৯(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৯(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৭৩ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ❚ প্রশ্ন নং ১

$25\ ms^{-1}$ বেগে পূর্বদিকে চলমান একজন গাড়ির চালক উল্লম্বের সাথে $64.359°$ কোণে $27.73\ ms^{-1}$ বেগে বৃষ্টি পড়তে দেখেন। পরবর্তীতে গাড়ির চালক গাড়ির গতি $10\ ms^{-1}$ বৃদ্ধি করেন।

ক. ভেক্টরের বিভাজন কী? ১

খ. নৌকার গুণ টানার ক্ষেত্রে বৈঠার প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো। ২

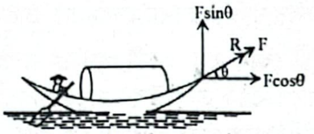
গ. বৃষ্টির প্রকৃত বেগের দিক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গাড়ির বেগ বৃদ্ধির পর বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ, বৃষ্টির প্রকৃত বেগের দ্বিগুণ অপেক্ষা বেশি হবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি ভেক্টর রাশিকে দুই বা ততোধিক উপাংশে বিভক্ত করার প্রক্রিয়াই হলো ভেক্টরের বিভাজন।

খ নৌকাকে F বলে টানা হলে এর উপাংশ Fcosθ নৌকাকে সামনে এগিয়ে নিয়ে যায় এবং Fsinθ উপাংশ নৌকাকে পাড়ের দিকে টানে। এ Fsinθ কে প্রতিহত করতে বৈঠা প্রয়োজন হয়। বৈঠা দিয়ে পাড় বরাবর উপাংশকে প্রশমিত করে নৌকা সামনের দিকে এগিয়ে নেওয়া হয়। এ কারণে নৌকার গুণ টানার ক্ষেত্রে বৈঠার প্রয়োজন হয়।



গ উদ্দীপক হতে পাই, বৃষ্টি উল্লম্বের সাথে $64.359°$ কোণে $27.73\ ms^{-1}$ বেগে পড়ছে।

$\therefore$ বৃষ্টির অনুভূমিক উপাংশ, $V_{rx} = V_r \sin 64.359° = 25\ ms^{-1}$

এবং বৃষ্টির উল্লম্ব উপাংশ, $V_{ry} = V_r \cos 64.359° = 12\ ms^{-1}$

যেহেতু, গাড়ি অনুভূমিকভাবে $25\ ms^{-1}$ বেগে চলছে, সেহেতু বৃষ্টির প্রকৃত অনুভূমিক উপাংশ, $V'_{rx} = 25 - 25 = 0\ ms^{-1}$

$\therefore$ বৃষ্টির প্রকৃত বেগ, $v_r = \sqrt{(V'_{rx})^2 + (V_{ry})^2} = \sqrt{0^2 + 12^2} = 12\ ms^{-1}$

এবং দিক, $\theta = \tan^{-1}\frac{V_{ry}}{V'_{rx}} = \tan^{-1}\left(\frac{12}{0}\right) = 90°$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, বৃষ্টির প্রকৃত বেগ, $V_r = 12\ ms^{-1}$ গাড়ির চালক গাড়ির গতি $10\ ms^{-1}$ বৃদ্ধি করলে, গাড়ির নতুন বেগ, $V'_c = 25 + 10 = 35\ ms^{-1}$

$\therefore$ বৃষ্টির নতুন আপেক্ষিক বেগ, $V'_{rc} = \sqrt{V_r^2 + V'^2_c + 2V_rV'_c \cos 90°}$

$= \sqrt{(35)^2 + (12)^2} = 37\ ms^{-1}$

এখন, $\frac{V'_{rc}}{V_r} = \frac{37}{12} = 2.31$

$\therefore V'_{rc} = 2.31\ V_r$

সুতরাং, গাড়ির বেগ বৃদ্ধির পর বৃষ্টির আপেক্ষিক বেগ, বৃষ্টির প্রকৃত বেগের দ্বিগুণ অপেক্ষা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৪ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ❚ প্রশ্ন নং ২

$\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - \hat{k}$, $\vec{B} = 3\hat{i} - \hat{j} + 4\hat{k}$ এবং $\vec{C} = \hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}$

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চলে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টর দ্বারা একটি সামান্তরিকের দুইটি কর্ণ নির্দেশ করা হলে, সামান্তরিকটির ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও যে, X-অক্ষ এবং $\vec{A} + \vec{B}$ এর অন্তর্বর্তী কোণ অপেক্ষা Y অক্ষ এবং $\vec{C}$ এর অন্তর্বর্তী কোণ বৃহত্তর। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যকার কোণ θ হলে, $\vec{A} \times \vec{B} = \hat{\eta}\, AB \sin\theta$।

আবার, $\vec{B} \times \vec{A} = AB \sin\theta\,(-\hat{\eta}) = -AB \sin\theta\,\hat{\eta}$।

অর্থাৎ, $\vec{A} \times \vec{B}$ এর দিক যা হবে, $\vec{B} \times \vec{A}$ এর দিক হবে তার বিপরীতে। তাই $\vec{A} \times \vec{B}$ এবং $\vec{B} \times \vec{A}$ ভেক্টরদ্বয়ের মান সমান হলেও দিক হবে পরস্পর বিপরীত। এ কারণে $\vec{A} \times \vec{B} \neq \vec{B} \times \vec{A}$।

অর্থাৎ, ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চলে না।

গ $\vec{B}$ এবং $\vec{C}$ দ্বারা একটি সামান্তরিকের দুটি কর্ণ নির্দেশ করা হলে,

সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল $= |\vec{B} \times \vec{C}|$

এখানে,
$\vec{B} = 3\hat{i} - \hat{j} + 4\hat{k}$
$\vec{C} = \hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}$
$\therefore |\vec{B} \times \vec{C}| = ?$

$$\vec{B} \times \vec{C} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & -1 & 4 \\ 1 & -3 & 5 \end{vmatrix}$$

$= \hat{i}\,(-5 + 12) - \hat{j}\,(15 - 4) + \hat{k}\,(-9 + 1)$

$= 7\hat{i} - 11\hat{j} - 8\hat{k}$

$\therefore$ সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল $= |\vec{B} \times \vec{C}|$

$= \sqrt{7^2 + (-11)^2 + (-8)^2} = 3\sqrt{26}$ বর্গ একক **(Ans.)**

ঘ প্রশ্নানুসারে,

এখানে,
$\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - \hat{k}$
$\vec{B} = 3\hat{i} - \hat{j} + 4\hat{k}$
$\vec{C} = \hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}$

$\vec{A} + \vec{B} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - \hat{k} + 3\hat{i} - \hat{j} + 4\hat{k}$

$= 5\hat{i} + 2\hat{j} + 3\hat{k}$

এখন, $\vec{A} + \vec{B}$ ভেক্টরটি X-অক্ষের সাথে θ_1 কোণ উৎপন্ন করলে,

$(\vec{A} + \vec{B}) \cdot \hat{i} = |\vec{A} + \vec{B}| \cdot 1 \cdot \cos\theta_1$

বা, $(5\hat{i} + 2\hat{j} + 3\hat{k}) \cdot \hat{i} = \sqrt{5^2 + 2^2 + 3^2}\cos\theta_1$

বা, $\cos\theta_1 = \frac{5}{\sqrt{38}}$

$\therefore \theta_1 = 35.79°$

ভেক্টরটি Y-অক্ষের সাথে θ_2 কোণ উৎপন্ন করলে,

$\vec{C} \cdot \hat{j} = |\vec{C}| \cdot 1 \cdot \cos\theta_2$

বা, $(\hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}) \cdot \hat{j} = \sqrt{1^2 + (-2)^2 + 5^2}\cos\theta_2$

বা, $\cos\theta_2 = -\frac{3}{\sqrt{35}}$

$\therefore \theta_2 = 120.47°$

সুতরাং $\theta_2 > \theta_1$, অর্থাৎ, X-অক্ষ এবং $\vec{A} + \vec{B}$ এর অন্তর্বর্তী কোণ অপেক্ষা Y-অক্ষ এবং $\vec{C}$ এর অন্তর্বর্তী কোণ বৃহত্তর।

প্রশ্ন ▸ ৭৫ বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা ❚ প্রশ্ন নং ১

হঠাৎ বৃষ্টি পড়তে শুরু করায় সজীব ও রিয়াদ দ্রুতবেগে চলা শুরু করল। সজীব ঘণ্টায় 10 km বেগে এবং রিয়াদ ঘণ্টায় 20 km বেগে চলতে লাগল। সজীব দেখল বৃষ্টি খাড়াভাবে পড়ছে কিন্তু রিয়াদ দেখল বৃষ্টি উল্লম্ব রেখার সাথে 30° কোণে পড়ছে।

ক. ঋণাত্মক ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. ক্রস গুণফল বিনিময় সূত্র মেনে চলে না। চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ২

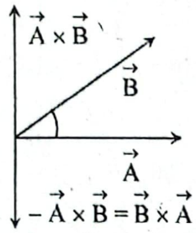
গ. বৃষ্টির প্রকৃত বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সজীব ও রিয়াদের মধ্যে কাকে বৃষ্টি অধিক বেগে আঘাত করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পর বিপরীত দিকে ক্রিয়ারত দুটি সমজাতীয় ভেক্টরের মান সমান হলে তাদেরকে একে অপরের বিপরীত বা ঋণাত্মক ভেক্টর বলে।

খ মনে করি $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যকার কোণ θ হলে, $\vec{A}\times\vec{B} = \hat{\eta}\,AB\sin\theta$। আবার, $\vec{B}\times\vec{A} = AB\sin\theta\left(-\hat{\eta}\right) = -AB\sin\theta\,\hat{\eta}$ অর্থাৎ, $\vec{A}\times\vec{B}$ এর দিক যা হবে $\vec{B}\times\vec{A}$ এর দিক হবে তার বিপরীতে।



তাই $\vec{A}\times\vec{B}$ এবং $\vec{B}\times\vec{A}$ ভেক্টরদ্বয়ের মান সমান হলেও দিক হবে পরস্পর বিপরীত। এ কারণে $\vec{A}\times\vec{B}\neq\vec{B}\times\vec{A}$

অর্থাৎ, ক্রস গুণফল বিনিময় সূত্র মেনে চলে না।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

সজীব ঘণ্টায় 10 km বেগে চলা শুরু করলে দেখে বৃষ্টি খাড়াভাবে নিচে পড়ছে।

সুতরাং, বৃষ্টির বেগের অনুভূমিক উপাংশ, $v_{rx} = 10\ kmh^{-1}$

এবং রিয়াদ 20 kmh^{-1} বেগে চলা শুরু করে দেখল বৃষ্টি উল্লম্বের সাথে 30° কোণে পড়ছে।

$$\therefore \tan 30^\circ = \frac{v_{rx}}{v_{ry}}$$

বা, $v_{ry} = 10\times\sqrt{3} = 10\sqrt{3}\ kmh^{-1}$

∴ বৃষ্টির প্রকৃত বেগ এর মান, $v_r = \sqrt{V_{rx}^2 + V_{ry}^2}$

$$= \sqrt{(10)^2 + (10\sqrt{3})^2}$$

$$= 20\ kmh^{-1}$$

এবং দিক, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{ry}}{v_{rx}}\right) = 60^\circ$

সুতরাং, বৃষ্টির প্রকৃত বেগ 20 kmh^{-1} এবং এটি উলম্বের সাথে 60° কোণে পড়ছে। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

সজীব দেখছে বৃষ্টি খাড়াভাবে নিচে পড়ছে। তাই বৃষ্টির উল্লম্ব বেগের যে উপাংশ সে বেগেই সজীবকে আঘাত করবে। এই বেগের মান,

$V_{rs} = V_{ry} = 10\sqrt{3}\ kmh^{-1} = 17.32\ kmh^{-1}$

রিয়াদের ক্ষেত্রে, সজীবের একই দিকে সে 20 kmh^{-1} বেগে চলা শুরু করেছে।

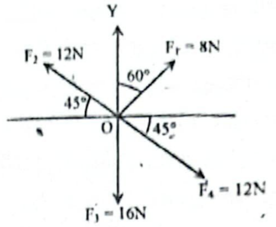
রিয়াদের আপেক্ষিক বেগ = 10 – 20 = – 10 kmh^{-1}

বৃষ্টি রিয়াদকে V_{rR} বেগে আঘাত করলে,

$V_{rR} = \sqrt{(-10)^2 + (10\sqrt{3})^2} = 20\ kmh^{-1}$

∴ দুইজনের মধ্যে রিয়াদকে বৃষ্টি তুলনামূলক বেশি বেগে আঘাত করবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৬ বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা ।



ক. অপারেটর কাকে বলে?

খ. সংরক্ষণশীল বল বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না। কর।

গ. $\vec{F}_1$ এবং $\vec{F}_2$ উভয়ের সাথে লম্ব একক ভেক্টর নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকের বলগুলির লব্ধি, +Y অক্ষের সাথে যে কোণ করে তা নির্ণয় কর।

৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গাণিতিক চিহ্নের দ্বারা একটি ভেক্টর রাশিকে অন্য স্কেলার বা ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করা যায় বা কোনো পরিবর্ত ভেক্টর রাশির ব্যাখ্যা দেয়া যায় তাকে ভেক্টর অপারেটর বলে।

খ কোন বস্তু একটি পূর্ণচক্র সম্পন্ন করে যদি আদি অবস্থানে আসে তবে তার উপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজের মান শূন্য হয় এই বলকে সংরক্ষণশীল বল বলা হয়ে থাকে। একটি সংরক্ষণশীল শুধুমাত্র বস্তুর অবস্থানের উপর নির্ভর করে, বস্তুর গতিপথের নয়। যখন একটি বস্তুর এক স্থান থেকে অন্য স্থানে সরণ হয়, প্রযুক্ত বল ঐ বস্তুর বিভব শক্তির পরিবর্তন করে যা গতিপথের নির্ভর করে না।

গ উদ্দীপক হতে,

F_1 ভেক্টরটির X-অক্ষ এবং Y-অক্ষ বরাবর উপাংশ নিয়ে পাই,

$$\vec{F}_1 = 8(\hat{i}.\cos 30 + \hat{j}.\sin 30)$$

$$= 4\sqrt{3}\,\hat{i} + 4\hat{j}$$

এবং $\vec{F}_2 = 12(\hat{i}.\cos 135 + \hat{j}.\sin 135)$

$$= -6\sqrt{2}\,\hat{i} + 6\sqrt{2}\,\hat{j}$$

এখন, $\vec{F}_1$ এবং $\vec{F}_2$ উভয়ের সাথে লম্ব একক ভেক্টর।

$$\hat{\eta} = \pm\frac{\vec{F}_1\times\vec{F}_2}{\left|\vec{F}_1\times\vec{F}_2\right|}$$

এখানে, $\vec{F}_1\times\vec{F}_2 = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4\sqrt{3} & 4 & 0 \\ -6\sqrt{2} & 6\sqrt{2} & 0 \end{vmatrix}$

$$= \hat{k}(24\sqrt{6} + 24\sqrt{2})$$

সুতরাং, লম্ব একক ভেক্টরের মান,

$$\hat{\eta} = \pm\frac{(24\sqrt{6} + 24\sqrt{2})\hat{k}}{\sqrt{\{(24\sqrt{6}) + (24\sqrt{2})\}^2}} = \hat{k}$$

∴ নির্ণেয় লম্ব একক ভেক্টর $\hat{k}$, যা, Z-অক্ষের ধনাত্মক দিকে ক্রিয়াশীল।

ঘ উদ্দীপকের চিত্র হতে,

$\vec{F}_1$ বলটি 8N মানের যা X-অক্ষের সাথে 30° কোণ উৎপন্ন করে।

$\vec{F}_{1X} = 8\cos 30^\circ = 4\sqrt{3}$ N

এবং $\vec{F}_{1Y} = 8\sin 30^\circ = 4$ N

একইভাবে, $\vec{F}_2$ বলটি 12 N মানের যা X-অক্ষের ঋণাত্মক দিকের সাথে (180° − 45°) = 135° কোণ উৎপন্ন করে।

$\vec{F}_{2X} = 12\cos 135° = -8.484$

$\vec{F}_{2Y} = 12\sin 135° = 8.484$

$\vec{F}_3$ বলটি Y-অক্ষের ঋণাত্মক দিকে ক্রিয়াশীল,

$F_{3X} = 0,\ F_{3Y} = -16$

$\vec{F}_4$ বলটি x-অক্ষের ধনাত্মক দিকের সাথে (360° − 45°) = 315° কোণ উৎপন্ন করে।

$F_{4X} = 12\cos 315° = 8.484$

$F_{4Y} = 12\sin 315° = -8.484$

বল চারটির লব্ধি যদি $\vec{R}$ হয় এবং এই $\vec{R}$ লব্ধির উপাংশ R_x এবং R_y হয় তবে, $R_X = F_{1X} + F_{2X} + F_{3X} + F_{4X}$

$$= 4\sqrt{3} + (-8.484) + 0 + 8.484$$
$$= 4\sqrt{3}$$

এবং $R_Y = F_{1Y} + F_{2Y} + F_{3Y} + F_{4Y} = 4 + 8.484 - 16 - 8.484$

$$= -12$$

$$\therefore |\vec{R}| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(4\sqrt{3})^2 + (-12)^2}$$
$$= 8\sqrt{3}\ \text{N}$$

এবং লব্ধি $\vec{R}$ এর দিক, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right) = -60°$

সুতরাং লব্ধির ভেক্টর রূপটি হবে $\vec{R} = 4\sqrt{3}\ \hat{i} - 12\hat{j}$

ধরি, $\vec{R}$ Y-অক্ষের সাথে θ_2 কোণ উৎপন্ন করে।

$\vec{R}.\hat{j} = |\vec{R}|.1.\cos\theta_2$

বা, $(4\sqrt{3}\hat{i} - 12\hat{j}).\hat{j} = 8\sqrt{3}\cos\theta_2$

বা, $-12 = 8\sqrt{3}.\cos\theta_2$

বা, $\cos\theta_2 = \frac{-12}{8\sqrt{3}}$

$\therefore \theta_2 = +150°$

প্রশ্ন ▶ ৭৭ ঢাকা সিটি কলেজ I প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = \hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k};\ \vec{B} = 4\hat{i} + 2\hat{j} + 4\hat{k}$

শান্ত ও জায়েদ দুই বন্ধু নূন্যতম দূরত্বে যথাক্রমে স্রোত থাকা অবস্থায় এবং স্রোতহীন অবস্থায় নদী পার হতে চাচ্ছে। নদীর প্রস্থ 2 km। $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর মানকে যথাক্রমে নদীর স্রোতের বেগ ও নৌকার বেগের মান [SI এককে] বিবেচনা কর।

ক. টর্ক কি? ১

খ. সরল ছন্দিতে গতিতে গতিশীল কোন কণার সরণ বনাম ত্বরণের লেখচিত্র অংকন কর। ২

গ. $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. শান্ত ও জায়েদের মধ্যে কে অপর পাড়ে দ্রুত পৌঁছাবে উদ্দীপকের আলোকে তা গাণিতিকভাবে নির্ণয় কর। ৪

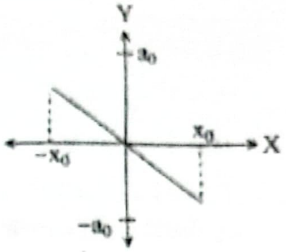
৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে। অন্যভাবে বলা যায়, যা বস্তুর কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন করতে পারে তাই টর্ক।

খ সরল ছন্দিত গতির ক্ষেত্রে,

ত্বরণ, $a = -\omega^2 x$

যেখানে x হলো সরণ এবং ω কৌণিক বেগ। কোন কণার সরণ বনাম ত্বরণ লেখচিত্র–



এই লেখচিত্রটি একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা, যার x-অক্ষের দিকে সরণের মান এবং y-অক্ষের দিকে ত্বরণের মান পাওয়া যাবে।

গ $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর জন্য

$\vec{A}\cdot\vec{B} = (\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}).(4\hat{i} + 2\hat{j} + 4\hat{k})$

$= 4 + 4 + 4 = 12$

আমরা জানি,

বা, $\cos\alpha = \frac{\vec{A}\cdot\vec{B}}{AB} = \frac{12}{6\times\sqrt{6}} = \frac{2}{\sqrt{6}}$

এখানে,

$\vec{A} = \hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}$

$\vec{B} = 4\hat{i} + 2\hat{j} + 4\hat{k}$

$A = \sqrt{(1)^2 + (2)^2 + (1)^2} = \sqrt{6}$

$B = \sqrt{(4)^2 + (2)^2 + (4)^2} = 6$

বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{2}{\sqrt{6}}\right)$

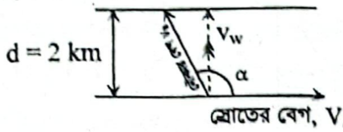
$\therefore \alpha = 35.26°$ (প্রায়)

$\therefore \vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর অন্তর্গত কোণ, $\alpha = 35.26°$ (প্রায়)। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে, নৌকার বেগ, $v_B = \sqrt{(4)^2 + (2)^2 + (4)^2} = 6\ \text{ms}^{-1}$

নদীর স্রোতের বেগ, $v_A = \sqrt{(1)^2 + (2)^2 + (1)^2} = \sqrt{6}\ \text{ms}^{-1}$

শান্ত নূন্যতম দূরত্বে স্রোত থাকা অবস্থায় পার হতে চাচ্ছে।



শান্তর লব্ধি বেগ, $v_w = \sqrt{v_B^2 - v_A^2}$

$$= \sqrt{36 - 6} = \sqrt{30}\ \text{ms}^{-1}$$

$\therefore$ শান্তর পার হতে সময় লাগবে, $t_1 = \frac{d}{v_w} = \frac{2\times 1000}{\sqrt{30}} = 365.15\text{s}$

সেকেন্ড = 6.086 মিনিট

আবার, জায়েদ স্রোতহীন অবস্থায় নদী পার হতে চাইছে।

স্রোতহীন অবস্থায়,

$t_2 = \frac{d}{v_B} = \frac{2\times 1000}{6} = 5.56$ মিনিট

$\therefore t_2 < t_1$। অর্থাৎ, শান্ত ও জায়েদের মধ্যে অপর পাড়ে পৌঁছাতে শান্তর বেশি সময় লাগবে। তাই জায়েদ দ্রুত পৌঁছাবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৮ বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা I প্রশ্ন নং ১

একদিন একটি অঞ্চলে তাপমাত্রা ও বাতাসের বেগ পাওয়া গেলো যথাক্রমে, $Q = 2xy^2z^3 - 4xy$ ও $\vec{v} = (y^2\cos x + z^3)\ \hat{i} + (2y\sin x - 4)\ \hat{j} + (3xz^2 + 2)\ \hat{k}$.

ক. ডট গুণন কী? ১

খ. ঘূর্ণনরত পৃথিবী সূর্য হতে দূরে সরে গেলে এর বেগ কমে যায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. (1, −1, 2) বিন্দুতে এ অঞ্চলের তাপমাত্রার গ্রেডিয়েন্ট নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ঐদিন ঐ অঞ্চলের বাতাসে কোনো ঘূর্ণন ছিলো কিনা তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

৩৭নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৭৯ বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = 4\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$

$\vec{B} = \hat{i} - 2\hat{j} - \hat{k}$

$\vec{C} = 4\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k}$

ক. বিপ্রতীপ ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. নাল ভেক্টরের সুনির্দিষ্ট দিক নেই কেন? ২

গ. $\vec{B}$ বরাবর $\vec{A}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. $|\vec{A} \times \vec{B}| > |\vec{B} \times \vec{C}|$ এর সত্যতা যাচাই কর। ৪

৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান্তরাল ভেক্টরের একটির মান অপরটির বিপরীত রাশি হলে এদেরকে পরস্পরের বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে।

খ নাল ভেক্টর হলো শূন্য ভেক্টর। এর মান শূন্য বলে এর কোনো সুনির্দিষ্ট দিক নির্ণয় করা সম্ভব নয়। তাই এর দিক যেকোনো দিকেই বিবেচনা করা যেতে পারে।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\vec{B}$ বরাবর $\vec{A}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ $\frac{1}{\sqrt{6}}$

ঘ এখানে,

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & 2 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \end{vmatrix} = \hat{i}(-2-2) - \hat{j}(-4+1) + \hat{k}(-8-2)$$

$$= -4\hat{i} + 3\hat{j} - 10\hat{k}$$

সুতরাং, $|\vec{A} \times \vec{B}| = \sqrt{(-4)^2 + (3)^2 + (-10)^2}$

$= 5\sqrt{5} = 11.18$

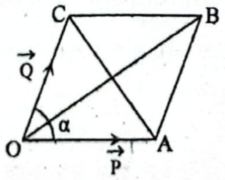
আবার, $\vec{B} \times \vec{C} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & -2 & -1 \\ 4 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \hat{i}(-2-2) - \hat{j}(1+4) + \hat{k}(-2+8)$

$\therefore \vec{B} \times \vec{C} = -4\hat{i} - 5\hat{j} + 6\hat{k}$

সুতরাং, $|\vec{B} \times \vec{C}| = \sqrt{(-4)^2 + (-5)^2 + (6)^2} = \sqrt{77} = 8.77$

তুলনা করে স্পষ্টত দেখা যাচ্ছে যে, $|\vec{A} \times \vec{B}| > |\vec{B} \times \vec{C}|$

প্রশ্ন ▸ ৮০ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ১



দেওয়া আছে, $|\vec{P}| = 40$ এবং $|\vec{Q}| = 30$, $\alpha = 60°$

ক. আয়ত একক ভেক্টর কী? ১

খ. একটি ভেক্টর রাশিকে কিভাবে স্কেলার রাশিতে রূপান্তরিত করা যায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল কত? ৩

ঘ. $|\vec{P}| = |\vec{Q}|$ হলে, $\overrightarrow{OB}$ ও $\overrightarrow{CA}$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর সমকোণে ছেদ করবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক অ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তাদেরকে আয় একক ভেক্টর বলে।

খ ডাইভারজেন্সের মাধ্যমে একটি ভেক্টর ক্ষেত্রকে স্কেলার ক্ষে রূপান্তর করা যায়।

কোনো স্থানের প্রতিটি বিন্দুতে, $\vec{v}(x, y, z) = \hat{i}\,v_x + \hat{j}\,v_y + \hat{k}\,v_z$ যদি একটি অন্তরীকরণযোগ্য ভেক্টর অপেক্ষক হয়, তাহলে $\vec{v}$ এ ডাইভারজেন্স এর সংজ্ঞা হলো—

$$\text{div}\,\vec{v} \text{ বা, } \vec{\nabla}.\vec{v} = \left(\hat{i}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial}{\partial z}\right).(\hat{i}\,v_x + \hat{j}\,v_y + \hat{k}\,v_z)$$

$$= \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}$$

এখানে, div $\vec{v}$ হচ্ছে ভেক্টর অপারেটর $\vec{\nabla}$ এবং $\vec{v}$ এর ডট বা স্কেলার গুণফল। এটি অবশ্যই একটি স্কেলার রাশি।

গ

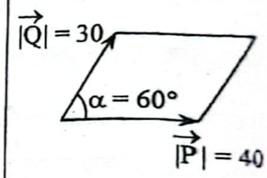
সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল $= |\vec{P} \times \vec{Q}|$

$= |\vec{P}| \times |\vec{Q}| \sin\alpha$

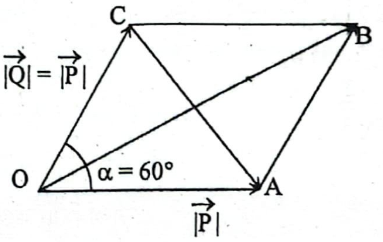
$= 40 \times 30 \sin 60°$

$= 1039.23$ বর্গ একক **(Ans.)**

এখানে, চিত্রানুসারে,



ঘ উদ্দীপক অনুসারে, $|\vec{Q}| = |\vec{P}|$ হলে,



ΔOAC এ ধরি $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ ভেক্টরদ্বয় XY সমতলে এবং $\vec{P}$ এর দিক X অক্ষ বরাবর, $\therefore \overrightarrow{OA} = P\,\hat{i}$

$$\overrightarrow{OC} = P\cos 60\,\hat{i} + P\sin 60°\,\hat{j} = \frac{P}{2}\hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{2}P\,\hat{j}$$

$\therefore \overrightarrow{OC} + \overrightarrow{CA} = \overrightarrow{OA}$

বা, $\overrightarrow{CA} = \overrightarrow{OA} - \overrightarrow{OC} = P\hat{i} - \left(\frac{P}{2}\hat{i} + \frac{\sqrt{3}P}{2}\hat{j}\right) = \frac{P}{2}\hat{i} - \frac{\sqrt{3}P}{2}\hat{j}$

আবার, ΔOAB এ

$\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{OB}$

$\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{OC} = \overrightarrow{OB}$

বা, $\overrightarrow{OB} = \overrightarrow{OA} + \overrightarrow{OC} = P\hat{i} + \frac{P}{2}\hat{i} + \frac{\sqrt{3}P}{2}\hat{j}$

বা, $\overrightarrow{OB} = \frac{3}{2}P\,\hat{i} + \frac{\sqrt{3}P}{2}\hat{j}$

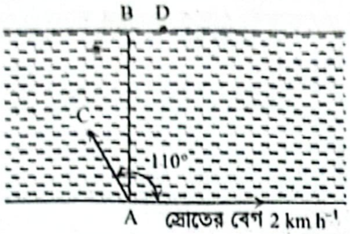
এখন, $\overrightarrow{OB}.\overrightarrow{CA} = \left(\frac{3P}{2}\hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{2}P\,\hat{j}\right).\left(\frac{P}{2}\hat{i} - \frac{\sqrt{3}}{2}P\,\hat{j}\right) = \frac{3P^2}{4} - \frac{3P^2}{4} = 0$

$\therefore \overrightarrow{OB}$ ও $\overrightarrow{CA}$ পরস্পর লম্ব।

$\therefore |\vec{P}| = |\vec{Q}|$ হলে, $\overrightarrow{OB}$ ও $\overrightarrow{CA}$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর সমকোণে ছেদ করবে।

প্রশ্ন ▶ ৮১ বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা ❙ প্রশ্ন নং ৮

চিত্রে স্রোতের নদীতে একজন লোক এক পাড় হতে অপর পাড়ে যাওয়ার জন্য 4 kmh^{-1} বেগে AC বরাবর নৌকা চালানো শুরু করে। সে অপর পাড়ে D বিন্দুতে পৌঁছে। BD = 0.5 km, নদীর প্রস্থ = AB.



ক. কার্ল কী? ১
খ. বৈদ্যুতিক পাখার বাতাস কীভাবে নিচে নামে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. নদীর প্রস্থ AB নির্ণয় করো। ৩
ঘ. AC বরাবর নৌকা চালানো শুরু করলে অপর পাড়ে পৌঁছাতে যে সময় লাগে একই বেগে AB বরাবর নৌকা চালানো শুরু করলে অপর পাড়ে পৌঁছাতে তার চেয়ে কম নাকি বেশি সময় লাগবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক উত্তরের স্বপক্ষে মতামত দাও। ৪

৮১ নং প্রশ্নের উত্তর

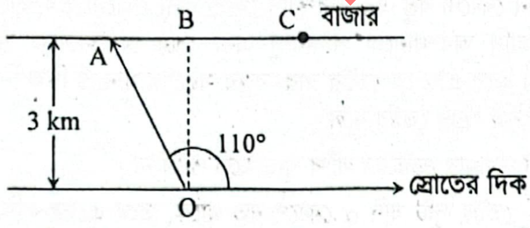
ক কার্ল হচ্ছে কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে।

খ ভেক্টরের ক্রস গুণফলের সূত্রানুযায়ী বৈদ্যুতিক পাখার বাতাস নিচে নামে। বৈদ্যুতিক পাখা ঘোরার সময় এর কৌণিক বেগ ($\vec{\omega}$), কেন্দ্র থেকে পাখার অবস্থান ভেক্টর $\vec{r}$ হলে, রৈখিক বেগ $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$।
বৈদ্যুতিক পাখা এমনভাবে ঘুরে যাতে কৌণিক বেগ $\vec{\omega}$ এর দিক নিচের দিকে হয় এবং $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ থেকে ডানহাতি স্ক্রু এর নিয়ম অনুসারে $\vec{v}$ এর দিক হয় বৃত্তাকার পথের স্পর্শক বরাবর। এখন $\vec{\omega}$ এর দিক নিচের দিকে হওয়ায় পাখা ঘুরলে বাতাস নিচে আসে ও গায়ে বাতাস লাগে।

গ ৩৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৮২ মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা ❙ প্রশ্ন নং ৮



একজন মাঝি O বিন্দু হতে মেঘনা নদীর অপর পাড়ে তার বাড়ি B-তে যাওয়ার জন্য বিকাল 5.00 টায় চিত্রের ন্যায় OA বরাবর 6 kmh^{-1} বেগে যাত্রা করে বাজার C-তে পৌঁছাল। C হতে স্রোতের প্রতিকূলে নৌকা চালিয়ে 20 min পর বাড়ি পৌঁছাল। ঐ দিনের সূর্যাস্ত ছিল সন্ধ্যা 6.00 টায় এবং নদীতে স্রোতের বেগ 4 kmh^{-1}।

ক. ব্যাসার্ধ ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. "লন রোলার ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ"– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. নৌকাটির লব্ধি বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সূর্যাস্তের পূর্বে মাঝি বাড়ি ফিরতে পারবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দুর সাপেক্ষে অন্য কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টর দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তাকে ঐ বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর বা ব্যাসার্ধ ভেক্টর বলে।

খ ১৫(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5.96 kmh^{-1}।

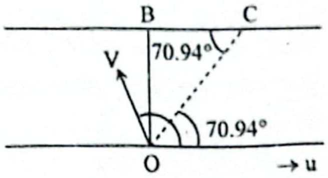
ঘ মনে করি, নৌকাটির লব্ধি বেগ স্রোতের দিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে।

$$\therefore \tan\theta = \frac{v \sin\alpha}{u + v\cos\alpha}$$

বা, $\tan\theta = \frac{6 \sin 110°}{4 + 6 \cos 110°}$

$\therefore \theta = 70.94°$

এখানে,
নৌকার বেগ, $v = 6\ kmh^{-1}$
স্রোতের বেগ, $u = 4\ kmh^{-1}$
নৌকা ও স্রোতের মধ্যবর্তী কোণ, $\alpha = 110°$
নদীর প্রস্থ, $d = 3$ km
'গ' হতে, নৌকার লব্ধি বেগ, $R = 5.96\ kmh^{-1}$



চিত্রানুযায়ী

$\sin 70.94° = \frac{OB}{OC} = \frac{3}{OC}$

বা, OC = 3.174 km

C বিন্দুতে পৌঁছাতে সময়, $t = \frac{OC}{R} = \frac{3.174}{5.96}$

বা, t = 0.532 hr = 31.95 min ≈ 32 min

এখন, স্রোতের প্রতিকূলে C থেকে B তে যেতে সময় লাগে 20 min। সুতরাং বাড়ি পৌঁছাতে মোট সময় লাগে, (32 + 20) বা, 52 min। মাঝির বাড়িতে পৌঁছানোর পর ঘড়িতে সময় = 5.00 + 52 মিনিট
= 5:52 টা

যা সূর্যস্তের সময় সন্ধ্যা 6:00 টা এর পূর্ব মুহূর্ত।

সুতরাং, মাঝি সূর্যাস্তের পূর্বে বাড়ি ফিরতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৩ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর ❙ প্রশ্ন নং ১

2 km প্রশস্ত একটি নদীতে স্রোতের বেগ 2 kmh^{-1}। একটি নৌকা A ক্ষুদ্রতম পথে এবং অপর একটি নৌকা B ক্ষুদ্রতম সময়ে নদীটি পারের জন্য একই সময়ে একই স্থান থেকে 8 kmh^{-1} বেগে যাত্রা করল। দেখা যায় B নৌকাটি A নৌকার আগে অপর পাড়ে পৌঁছায় অথচ B নৌকার অতিক্রান্ত দূরত্ব A নৌকার অতিক্রান্ত দূরত্ব অপেক্ষা বেশি।

ক. জড়তার ভ্রামক কী? ১
খ. বর্ষাকালে কাপড় দেরিতে শুকায়– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. A নৌকাটিকে স্রোতের সাথে কত কোণে চালাতে হবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের নৌকা দুটির সময় ও অতিক্রান্ত দূরত্ব সংক্রান্ত ফল গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

৮৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াস হচ্ছে জড়তার ভ্রামক।

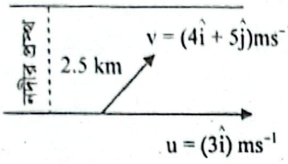
খ বাষ্পায়নের প্রভাবে ভেজা কাপড় শুকায়। বাতাসে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের পরিমাণ বা আর্দ্রতা বাষ্পায়নের হারকে নিয়ন্ত্রণ করে। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোন বিশুদ্ধ তরলের বাষ্পায়নের হার, ওই স্থানের বাতাসে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে কমে এবং হ্রাস পেলে বাড়ে। শীতকালে বাতাসের আর্দ্রতা কম থাকায় ভেজা কাপড় দ্রুত শুকায়। কিন্তু বর্ষাকালে বায়ুর আর্দ্রতা বৃদ্ধি পায় বলে বাষ্পায়ন হ্রাস পায় এবং কাপড় দেরিতে শুকায়।

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: A নৌকাটিকে স্রোতের সাথে 104.47° কোণে চালাতে হব

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A নৌকার জন্য প্রয়োজনীয় সময়, $t_A = 0.258$ hr এবং অতিক্রান্ত দূরত্ব, $d_A = 2$ km। অন্যদিকে B নৌকার জন্য প্রয়োজনীয় সময়, $t_B = 0.25$hr এবং অতিক্রান্ত দূরত্ব $d_B = 2.06$ km। সুতরাং, B নৌকাটি A নৌকার আগে অপর পাড়ে পৌছায় এবং B নৌকার অতিক্রান্ত দূরত্ব A নৌকার অতিক্রান্ত দূরত্ব অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৮৪ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▌ প্রশ্ন নং ৪



নৌকার বেগ (v) ও স্রোতের বেগ (u) ভেক্টর চিত্রে নির্দেশিত হলো। কিছু সময় পর $3ms^{-1}$ বেগে খাড়াভাবে নিচের দিকে বৃষ্টি পড়তে শুরু করলো।

ক. নাল ভেক্টর কী? ১

খ. একজন আরোহী লিফটে চড়ে উপরে উঠার সময় নিজেকে হালকা না ভারী অনুভব করবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে নৌকা কোন দিকে এবং কত সময়ে নদী পার হয়েছিল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বৃষ্টি শুরু হলে নৌকার উপর একজন যাত্রীকে বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে কীভাবে ছাতা ধরতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টরের মান শূন্য তাই শূন্য ভেক্টর বা নাল ভেক্টর।

খ m ভরের কোনো আরোহী লিফটে চড়ে উপরে উঠার সময় লিফটের ত্বরণ a ও প্রতিক্রিয়া বল R হলে, $\Sigma F = ma$ বা, $R - mg = ma$ বা, $R = mg + ma$ বা, $R = m(g + a)$। ওজন, $W = mg$ এবং $R = mg + ma$, তাই $R > W$। যেহেতু, লিফট ওপরে ওঠার সময় আরোহী কর্তৃক অনুভূত লিফটের প্রতিক্রিয়া বল তার ওজন থেকে বেশি, তাই সে নিজেকে ভারী অনুভব করবে।

গ

নৌকার লব্ধি বেগ $\vec{w}$ হলে,

$\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$

$= 3\hat{i} + (4\hat{i} + 5\hat{j})$

$= (7\hat{i} + 5\hat{j})\ ms^{-1}$

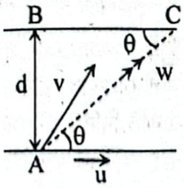
লব্ধিবেগের মান, $|\vec{w}| = w = \sqrt{7^2 + 5^2}$

$= \sqrt{74} = 8.602\ ms^{-1}$

এখানে,
স্রোতের বেগ,
$\vec{u} = 3\hat{i}\ ms^{-1}$
নৌকার বেগ,
$\vec{v} = (4\hat{i} + 5\hat{j})\ ms^{-1}$
নদীর প্রস্থ,
$d = 2.5\ km = 2500\ m$

লব্ধিবেগ ও স্রোতের বেগের সাথে কোণ θ হলে,

$\tan\theta = \frac{5}{7}$ $\therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{5}{7}\right) = 35.54°$

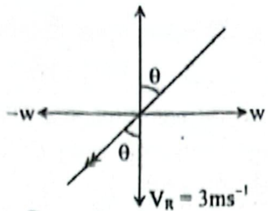


নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময়,

$$t = \frac{AB}{w} = \frac{\frac{2500}{\sin(35.54)}}{8.602} = 500s = 8.33\ min$$

∴ উদ্দীপকের আলোকে নৌকা স্রোতের সাথে 35.54° কোণে পৌছায় এবং 8.33 min সময়ে নদী পার হয়। **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, স্রোত যুক্ত নদীতে নৌকাটির লব্ধি বেগের মান $w = 8.602\ ms^{-1}$।



এখানে,
বৃষ্টির বেগ, $V_R = 3\ ms^{-1}$

ধরি যাত্রীকে বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে উলম্বের সাথে θ কোণে ছাতা ধ হবে।

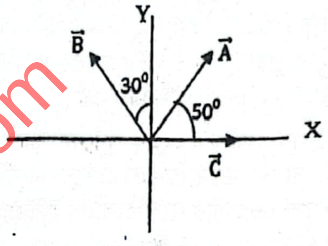
$\therefore \tan\theta = \frac{w}{V_R}$

বা, $\tan\theta = \frac{8.602}{3}$

$\therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{8.602}{3}\right) = 70.77°$

সুতরাং, বৃষ্টি শুরু হলে নৌকার উপর একজন যাত্রীকে বৃষ্টি থেকে র পেতে উল্লম্বের সাথে 70.77° কোণে ছাতা ধরতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৫ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ ▌ প্রশ্ন নং



চিত্রে $|\vec{A}| = 4$ N, $|\vec{B}| = 5$ N এবং $|\vec{C}| = 3$ N

ক. সরণ ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে কী? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. $\vec{A}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টরদ্বয়কে সন্নিহিত বাহু ধরে গঠিত ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের $\vec{A}$, $\vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টরত্রয়ের লব্ধি $(\vec{A} \times \vec{B})$ এর উপর লম্বভাবে অবস্থিত-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাই কর। ৪

৮৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো বস্তু এক অবস্থান থেকে অন্য কোনো অবস্থানে যায়, তখন আদি অবস্থানকে পাদবিন্দু এবং শেষ অবস্থানকে শীর্ষবিন্দু বিবেচনা করে প্রাপ্ত যে ভেক্টর দ্বারা বস্তুর সরণের মান ও দিক নির্দেশিত হয়, তাকেই সরণ ভেক্টর বলে।

খ দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না।

$\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ ভেক্টর দুটি যদি α কোণে নত থাকে, তবে এদের লব্ধির মান হবে $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\alpha}$। যখন $\alpha = 180°$ তখন R ন্যূনতম হয়। অর্থাৎ, লব্ধি ভেক্টরের ন্যূনতম মান, $R = \sqrt{P^2 + Q^2 - 2PQ} = \sqrt{(P - Q)^2} = P - Q$। দেখা যাচ্ছে, কেবল এবং কেবল যদি $P = Q$ হয়, তবে R এর মান শূন্য হবে। অন্যথায় লব্ধির ন্যূনতম একটি মান থাকবে। সুতরাং, দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি কখনোই শূন্য হতে পারে না।

গ $\vec{A}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টরদ্বয়কে ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু হিসেবে বিবেচনা করা হলো।

আমরা জানি,

ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}|\vec{A} \times \vec{C}|$

$= \frac{1}{2}|\vec{A}|\ |\vec{C}| \sin\theta$

এখানে,
$|\vec{A}| = 4$ একক
$|\vec{C}| = 3$ একক

$= \frac{1}{2} \times 4 \times 3 \times \sin 50°$

$= 4.595$ বর্গ একক (Ans.)

$\vec{A}$ ও $\vec{C}$ এর মধ্যবর্তী কোণ
$\theta = 50°$

ঘ মনে করি, $\vec{A}$, $\vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টরত্রয়ের লব্ধি R, X অক্ষের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে।

অতএব, Y অক্ষ বরাবর উপাংশ নিয়ে পাই,

$\therefore R\sin\theta = A\sin 50° + B\sin(90° + 30°) + C\sin 0°$

বা, $R\sin\theta = 4\sin 50° + 5\sin 120° + 3\sin 0°$

বা, $R\sin\theta = 7.39$

এখানে,
$|\vec{A}| = A = 4N$
$|\vec{B}| = B = 5N$
$|\vec{C}| = C = 3N$

এবং X অক্ষ বরাবর উপাংশ নিয়ে,

$R\cos\theta = A\cos 50° + B\cos(90° + 30°) + C\cos 0°$

বা, $R\cos\theta = 4\cos 50° + 5\cos 120° + 3\cos 0°$

বা, $R\cos\theta = 3.07$

অতএব, লব্ধি ভেক্টর R এর ভেক্টররূপটি হবে, $\vec{R} = 3.07\,\hat{i} + 7.39\,\hat{j}$

উদ্দীপকের চিত্রানুযায়ী

$\vec{A} = 4\cos(50°)\,\hat{i} + 4\sin(50°)\,\hat{j}$
$= 2.57\,\hat{i} + 3.06\,\hat{j}$

$\vec{B} = 5\sin(30°)\,\hat{i} + 5\cos(30°)\,\hat{j}$
$= 2.5\,\hat{i} + 4.33\,\hat{j}$

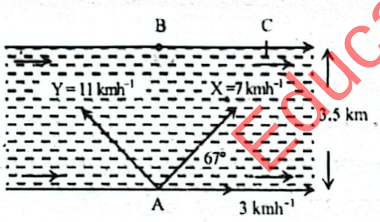
এখন, $\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2.57 & 3.06 & 0 \\ 2.5 & 4.33 & 0 \end{vmatrix}$

$= \hat{k}\,(11.13 - 7.65) = 3.48\,\hat{k}$

এখন, $|\vec{A} \times \vec{C}| \,.\, \vec{R} = (3.07\,\hat{i} + 7.39\,\hat{j}) \,.\, (3.48\,\hat{k})$
$= 0 + 0 + 0 = 0$

সুতরাং $\vec{A} \times \vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টরত্রয়ের লব্ধি $\vec{R}$, $(\vec{A} \times \vec{B})$ এর উপর লম্ব।

প্রশ্ন ▶ ৮৬ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ
মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ ॥ প্রশ্ন নং ১



চিত্রে X ও Y মাঝি নদীর অপর পাড়ে আড়াআড়িভাবে B বিন্দুতে পৌছানোর উদ্দেশ্যে রওনা করল। X মাঝি নদীর অপর পাড়ে C বিন্দুতে পৌঁছাল। নদীর প্রস্থ 3.5 km।

ক. স্বাধীন ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. দুটি ভেক্টরের ক্রস গুণন শূন্য হবে কী শর্তে? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. চিত্রে BC এর দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে কোন মাঝি নদীর অপর পাড়ে আগে পৌছাব তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৮৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট নয় বা যে ভেক্টরের পাদবিন্দু ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্তন করা যায়, তাকে স্বাধীন ভেক্টর বলে।

খ $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ দুটি ভেক্টর হলে, এদের ভেক্টর বা ক্রস গুণনের মান,

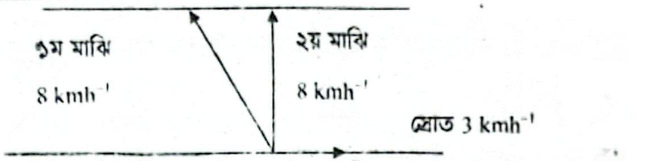
$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}|.|\vec{B}| \sin\theta$

ক্রস গুণনের মান শূন্য হবে যখন ভেক্টরদ্বয় $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ উভয় একই দিকে বা পরস্পরের ঠিক বিপরীত দিকে ক্রিয়া করবে। এই ক্ষেত্রে ভেক্টরদ্বয়ের অন্তর্ভুক্ত কোণ (θ) এর মান 0° বা 180° হয়। অর্থাৎ, ক্রস গুণন শূন্য হবে যখন ভেক্টরদ্বয় পরস্পর সমান্তরাল বা তাদের মধ্যে একটি শূন্য ভেক্টর হয়।

গ ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** BC = 3.12 km।

ঘ ১১(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** X মাঝি অপর পাড়ে পৌছাতে প্রয়োজনীয় সময়, $t_X = 32.59$ মিনিট এবং Y মাঝি অপর পাড়ে পৌছাতে প্রয়োজনীয় সময়, $t_Y = 19.84$ মিনিট। সুতরাং Y মাঝি নদীর অপর পাড়ে আগে পৌছাবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৭ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ১



১ম মাঝি 8kmh⁻¹ বেগে নৌকা চালিয়ে নদীর প্রস্থ বরাবর পার হয়। ২য় মাঝি একই বেগে নদীর প্রস্থ বরাবর নৌকা চালায়। নদীর প্রস্থ 2 km।

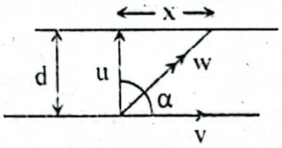
ক. স্থিতিস্থাপক সীমা কাকে বলে? ১
খ. লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ২য় মাঝি নদীর দৈর্ঘ্য বরাবর কত দূরত্ব অতিক্রম করবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন মাঝি কম সময়ে নদী পার হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বলের যে সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তুর ন্যায় আচরণ করে অর্থাৎ, হুকের সূত্র মেনে চলে তাকে ঐ বস্তুর স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

খ ১৫(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ ২য় মাঝির নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময় t হলে,



$t = \frac{d}{u\sin\alpha} = \frac{d}{u\sin 90°}$

$= \frac{d}{u} = \frac{2}{8} = 0.25$ hr

নদীর দৈর্ঘ্য বরাবর অতিক্রান্ত দূরত্ব,
$x = vt = 3 \times 0.25 = 0.75$ km
(Ans.)

এখানে,
২য় মাঝির বেগ, $u = 8$ km hr⁻¹
স্রোতের বেগ, $v = 3$ km hr⁻¹
স্রোতের সাথে শুরুতে, ২য় মাঝির মাত্রার কোণ $\alpha = 90°$
নদীর প্রস্থ, $d = 2$ km

ঘ ১১(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নদী পার হতে ১ম মাঝির প্রয়োজনীয় সময়, $t_1 = 16.18$ min এবং ২য় মাঝির প্রয়োজনীয় সময় $t_2 = 15$ min, $t_2 < t_1$। তাই ২য় মাঝি কম সময়ে নদী পার হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৮ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ২

তিনটি ভেক্টর রাশি যথাক্রমে এবং $\vec{A} = 3\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$, $\vec{B} = 4\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}$, $\vec{C} = (6xy + z^3)\hat{i} - (3x^2 - z)\,\hat{j} + (3xz^2 - y)\hat{k}$।

ক. আয়ত একক ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. বর্ষাকালে ভেজা কাপড় দেরিতে শুকায় কেন? ২
গ. $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয় যে তলে অবস্থিত সেই তলের লম্ব বরাবর একক ভেক্টর নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে $\vec{C}$ ভেক্টরটি (1, −1, 2) বিন্দুতে সলিনয়ডাল কি না, তোমার মতামত গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক অক্ষ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তাদেরকে আয়ত একক ভেক্টর বলে।

খ বাষ্পায়নের প্রভাবে ভেজা কাপড় শুকায়। বাতাসে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের পরিমাণ বা আর্দ্রতা বাষ্পায়নের হারকে নিয়ন্ত্রণ করে। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোন বিশুদ্ধ তরলের বাষ্পায়নের হার বাতাসে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে কমে এবং হ্রাস পেলে বাড়ে। শীতকালে বাতাসের আর্দ্রতা কম থাকায় ভেজা কাপড় দ্রুত শুকায়। কিন্তু বর্ষাকালে বায়ুর আর্দ্রতা বৃদ্ধি পায় বলে বাষ্পায়ন হ্রাস পায় এবং কাপড় দেরিতে শুকায়।

গ ৬০ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: $\pm \frac{1}{\sqrt{390}}(\hat{i} - 10\hat{j} - 17\hat{k})$।

ঘ প্রদত্ত ভেক্টর, $\vec{C} = (6xy + z^3)\,\hat{i} - (3x^2 - z)\,\hat{j} + (3xz^2 - y)\hat{k}$

এখন, $\vec{C}$ এর ডাইভারজেন্স,

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{C} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right)\cdot\left\{(6xy+z^3)\,\hat{i} - (3x^2 - z)\,\hat{j} + (3xz^2 - y)\,\hat{k}\right\}$$

$$= \frac{\partial}{\partial x}(6xy + z^3) - \frac{\partial}{\partial y}(3x^2 - z) + \frac{\partial}{\partial z}(3xz^2 - y)$$

$$= 6y + 6xz$$

$\therefore$ (1, –1, 2) বিন্দুতে $\vec{\nabla}\cdot\vec{C} = 6(-1) + 6\times 1\times 2 = -6 + 12 = 6$

$\therefore \vec{\nabla}\cdot\vec{C} \neq 0$

তাই, উদ্দীপকের $\vec{C}$ ভেক্টরটি (1, –1, 2) বিন্দুতে সলিনয়ডাল নয়।

প্রশ্ন ▶ ৮৯ সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া ▌প্রশ্ন নং ১

2 km প্রস্থের একটি নদীর স্রোতের বেগ 5 kmh^{-1}। এই নদী পার হওয়ার জন্য সাঁতার প্রতিযোগীতায় নরেন 10 kmh^{-1} বেগে স্রোতের প্রতিকূলের সাথে 60° কোণে ও ধীরেন 15 kmh^{-1} বেগে আড়াআড়ি ভাবে সাঁতার আরম্ভ করল।

ক. সঠিক ভেক্টর কী? ১
খ. ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. নরেনের লব্ধি বেগ কত ছিল? ৩
ঘ. উক্ত প্রতিযোগীতার ফলাফল গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টরের মান অশূন্য তাকে সঠিক ভেক্টর বলে।

খ ট্রলি ব্যাগ ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজতর এবং ট্রলিব্যাগ টানার সময় হাতল লম্বা রাখা হয়। এর মূল কারণ হলো, একই F বলে টানলেও, হাতল লম্বা হলে সেটি টানার সময় অনুভূমিকের সাথে ক্ষুদ্র কোণ উৎপন্ন করে। ফলে অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ এর মান বেশি হবে। কারণ θ এর মান ক্ষুদ্র হলে, $\cos\theta$ এর মান বেশি হয়। আর অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ বেশি হলে ট্রলি ব্যাগকে টানা বা সরানো সহজতর হবে। এজন্য ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয়।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: নরেনের লব্ধি বেগ, R = 8.66 km/h।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: নদীর পার হতে নরেনের প্রয়োজনীয় সময়, t_1 = 0.23hr এবং ধীরেনের প্রয়োজনীয় সময় t_2 = 0.133hr। অতএব, ধীরেন কম সময়ে নদী পার হবে। তাই সে জয়ী হবে।

প্রশ্ন ▶ ৯০ ইসলামিয়া সরকারি কলেজ, সিরাজগঞ্জ ▌প্রশ্ন নং ১

নাহিদ মাঝি 8 kmh^{-1} বেগে নৌকা চালিয়ে ন্যূনতম দূরত্ব অতিক্রম করে নদীর অপর তীরে পৌঁছে। আসিফ মাঝি একই বেগে নৌকা চালিয়ে ন্যূনতম সময়ে অপর তীরে পৌঁছায়। স্রোতের বেগ 4 kmh^{-1}। নদীর প্রস্থ 2 km।

ক. আয়ত একক ভেক্টরের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. কোনো ভেক্টর ও তার বিপরীত ভেক্টর এবং বিপ্রতীপ ভেক্টরে মধ্যবর্তী কোণ একই হবে কী? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. নাহিদ মাঝি কত কোণে নৌকা চালিয়েছিল? নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের আসিফ মাঝি নাহিদ মাঝির চেয়ে কত কম সময় নদী পার হয়েছিল? গাণিতিকভাবে যাচাই করে দেখাও। ৪

৯০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক অ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তাদেরকে আয় একক ভেক্টর বলে।

খ নির্দিষ্ট দিক বরাবর কোনো ভেক্টরকে ধনাত্মক ধরলে তার বিপরী দিকে সমমানের সমজাতীয় ভেক্টরকে বিপরীত ভেক্টর বলে। যেমন: 5 ভেক্টরটির বিপরীত ভেক্টর $-5\hat{i}$। সর্বদাই কোনো ভেক্টর ও তার বিপরী ভেক্টরের মধ্যবর্তী কোণ 180°। অপরদিকে, সমজাতীয় দুটি ভেক্টরে একটির মান যদি অপরটির বিপরীত সংখ্যা হয়, তবে তাদেরকে বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে। যেমন: $7\hat{i}$ এর বিপ্রতীপ ভেক্টর $\frac{1}{7}\hat{i}$ এবং কোনো ভেক্টর ও তার বিপ্রতীপ ভেক্টর এর মধ্যবর্তী কোন সর্বদা 0°। অর্থাৎ তারা একই দিকে ক্রিয়াশীল। সুতরাং কোনো ভেক্টর ও তার বিপরীত ভেক্টর এবং বিপ্রতীপ ভেক্টরের মধ্যবর্তী কোণ একই হবে না।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 120° কোণে।

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নদী পার হতে নাহিদ মাঝির প্রয়োজনীয় সময়, t_1 = 17.32 min এবং আসিফ মাঝির প্রয়োজনীয় সময়, t_2 = 15 min। সুতরাং, আসিফ মাঝি নাহিদ মাঝি থেকে (17.32 – 15) = 2.32 min আগে নদী পার হয়েছিল।

প্রশ্ন ▶ ৯১ দিনাজপুর সরকারি কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১

নীল ও লাল দল 1 km প্রস্থ বাঙালী নদীতে নৌকা বাইচ প্রতিযোগীতার অংশ নিল। ঠিক অপর পাড়ে পৌছার জন্য নীল দল 20 kmh^{-1} বেগে স্রোতের বিপরীতের সাথে একটি নির্দিষ্ট কোণে রওনা দিল কিন্তু লাল দল প্রস্থ বরাবর একই বেগে রওনা দিল। স্রোতের বেগ ছিল 10 kmh^{-1}।

ক. গ্র্যাডিয়েন্ট কাকে বলে? ১
খ. গতিশক্তির মান সর্বদা ধনাত্মক— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. নীল দল প্রস্থ বরাবর পৌছাতে কত কোণে রওনা দিয়েছিল? ৩
ঘ. দুই দলের মধ্যে কোনটি আগে পৌছাবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ভেক্টর ক্ষেত্র, যা স্কেলার ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে এর বৃদ্ধির হার ও বৃদ্ধির দিক নির্দেশ করে তাকে ঐ স্কেলার ক্ষেত্রের গ্র্যাডিয়েন্ট বলে।

খ কোনো বস্তুর ভর m এবং বেগ v হলে তার গতিশক্তির সমীকরণটি হয়, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$। এই সমীকরণে বস্তুর ভর m সর্বদাই ধনাত্মক। তবে v এর মান ধনাত্মক বা ঋণাত্মক দুটোই হতে পারে। কিন্তু, v^2 এর মান কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না। কারণ, ধনাত্মক বা ঋণাত্মক সংখ্যার বর্গ সবসময়ই ধনাত্মক। তাই mv^2 বা $\frac{1}{2}mv^2$ কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না। তবে বেগ অর্থাৎ, v শূন্য (স্থির বস্তু থাকলে) হলে গতিশক্তির মান শূন্য হবে। অর্থাৎ, কোনো বস্তুর গতিশক্তি শূন্য হতে পারে, তবে কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না।

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: নীল দল প্রস্থ বরাবর স্রোতের বিপরীত দিকের সাথে 60° কোণে রওনা দিয়েছিল।

ঘ ৩০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: নীল দলের প্রয়োজনীয় সময়, $t_1 = 0.058$ hr এবং লাল দলের প্রয়োজনীয় সময়, $t_2 = 0.05$ hr। সুতরাং লাল দল আগে পৌঁছাবে।

প্রশ্ন ▸ ৯২ সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর ▌প্রশ্ন নং ৮

দেওয়া আছে, $\vec{F} = (2x - y - z)\,\hat{i} + (x - 2y - 3z)\,\hat{j} + (x - y - z)\,\hat{k}$

ক. ভেক্টর অপারেটর কী? ১

খ. ট্রলিব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $(1, -1, 1)$ বিন্দুতে $\vec{F}$ এর ডাইভারজেন্স নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ভেক্টরটি কি ঘূর্ণনশীল নাকি অঘূর্ণনশীল? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৯২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গাণিতিক চিহ্নের দ্বারা একটি ভেক্টর রাশিকে অন্য একটি স্কেলার বা ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করা যায় বা কোনো পরিবর্তনশীল ভেক্টর রাশির ব্যাখ্যা দেয়া যায় তাই ভেক্টর অপারেটর।

খ ট্রলি ব্যাগ ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজতর এবং ট্রলিব্যাগ টানার সময় হাতল লম্বা রাখা হয়। এর মূল কারণ হলো, একই F বলে টানলেও, হাতল লম্বা হলে সেটি টানার সময় অনুভূমিকের সাথে ক্ষুদ্র কোণ উৎপন্ন করে। ফলে অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ এর মান বেশি হবে। কারণ θ এর মান ক্ষুদ্র হলে, $\cos\theta$ এর মান বেশি হয়। আর অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ বেশি হলে ট্রলি ব্যাগকে টানা বা সরানো সহজতর হবে। এজন্য ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয়।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ডাইভারজেন্সের মান -1।

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\vec{\nabla} \times \vec{F} = 2\hat{i} - 2\hat{j} + 2\hat{k} \neq 0$, তাই ভেক্টরটি ঘূর্ণনশীল।

প্রশ্ন ▸ ৯৩ সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা ▌প্রশ্ন নং ২

একদিন একটি অঞ্চলের তাপমাত্রা ও বাতাসের বেগ পাওয়া গেল যথাক্রমে $\varphi = (2xy^4 - x^2z)$ এবং $\vec{A} = 4xyz\hat{i} + 2x^2y\hat{j} - x^2y^2z\hat{k}$।

ক. পীড়ন কাকে বলে? ১

খ. কার্ল এর মাধ্যমে প্রাপ্ত ভেক্টরটির মান কৌণিক বেগের দ্বিগুণ— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $(2, -2, -1)$ বিন্দুতে ঐ অঞ্চলের তাপমাত্রার গ্রেডিয়েন্ট নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ঐ দিন ঐ অঞ্চলে বাতাসের ঘূর্ণন ছিল কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে কোনো বস্তুর আকার বা দৈর্ঘ্য বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটালে, স্থিতিস্থাপকতার জন্য বস্তুর ভেতর থেকে বাধাদানকারী একটি বলের উদ্ভব হয়। বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের ওপর লম্বভাবে উদ্ভূত এ বিকৃতি প্রতিরোধকারী বলের মানকে পীড়ন বলে।

খ কার্ল এর মাধ্যমে প্রাপ্ত কোনো ভেক্টরের মান ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে কৌণিক বেগের দ্বিগুণ হয়। যেমন– রৈখিক বেগ $\vec{v}$ এর কার্ল $\vec{\nabla} \times \vec{v} = 2\vec{\omega}$ হবে। এখানে $\vec{\omega}$ একটি ধ্রুব ভেক্টর। অর্থাৎ, কার্ল এর মাধ্যমে প্রাপ্ত ভেক্টরটির মান কৌণিক বেগ ω এর দ্বিগুণ।

গ ৩৭(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $36\hat{i} - 128\hat{j} - 4\hat{k}$।

ঘ ৩৭(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\vec{A}$ এর কার্ল (curl) $\vec{A} = \vec{\nabla} \times \vec{A} = -2x^2yz\hat{i} + (2xy^2z + 4xy)\hat{j} + (4xy - 4xz)\hat{k}$; $\vec{\nabla} \times \vec{A} \neq \vec{0}$। তাই ঐ দিন ঐ অঞ্চলে বাতাসের ঘূর্ণন ছিল।

প্রশ্ন ▸ ৯৪ সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা ▌প্রশ্ন নং ৭

1 km প্রস্থ একটি নদীর তীর বরাবর $4\ \text{ms}^{-1}$ বেগে একটি বাস গতিশীল। নদীর অপর তীর হতে এক ব্যক্তি সোজাসুজি বাসটিকে দেখতে পেয়ে বাসটি ধরার জন্য স্রোতের সাথে 70° কোণে $6\ \text{ms}^{-1}$ বেগে নৌকাযোগে রওনা দিল। নদীতে স্রোতের বেগ $2\ \text{ms}^{-1}$।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. কোন স্থানের শিশিরাংক বায়ুর তাপমাত্রার সমান হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. নৌকার লব্ধি বেগ কত? ৩

ঘ. লোকটির পক্ষে বাসটি ধরা সম্ভব কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯৪ নং প্রশ্নের উত্তর

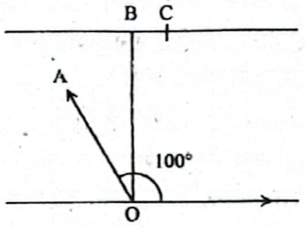
ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে 1 m প্রসারিত বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ যে তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু এর মধ্যে বিদ্যমান জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, তাই শিশিরাঙ্ক। আবার, আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বায়ুর মধ্যে সর্বোচ্চ ধারণক্ষমতার কত অংশ জলীয় বাষ্প আছে তা বোঝায়। আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হলে শিশিরাংক বায়ুর তাপমাত্রার সমান হতে পারে। কারণ তখন বায়ুতে থাকা জলীয়বাষ্পের পরিমাণ বায়ুর সর্বোচ্চ জলীয় বাষ্প ধারণক্ষমতার সমান। এই অবস্থায় বায়ু আর বাষ্প শোষণ করতে পারেনা। তাই শিশিরাঙ্ক বায়ুর তাপমাত্রার সমান হয়।

গ ১০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৯৫ কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১



উপরের চিত্রে পলাশ O বিন্দু থেকে OA বরাবর $6\ \text{kmh}^{-1}$ বেগে নৌকা চালিয়ে অপর পাড়ে C বিন্দুতে পৌঁছে। নদীর প্রস্থ OB = 2 km এবং স্রোতের বেগ $3\ \text{kmh}^{-1}$। (সংশোধিত)

ক. কার্ল কাকে বলে? ১

খ. নতুন রাস্তা তৈরিতে রোলার টানা এবং ঠেলা কোনটি প্রয়োজন— ব্যাখ্যা করো। ২

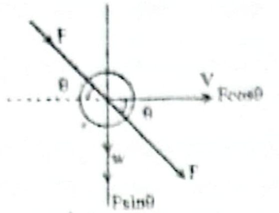
গ. BC পথের দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে OA বরাবর নৌকা চালিয়ে C বিন্দুতে পৌঁছার সময় এবং O থেকে স্রোতহীন অবস্থায় সরাসরি নৌকা চালিয়ে B তে পৌঁছার সময়ের পার্থক্য গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

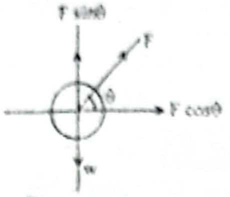
৯৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি, যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে। তাকে ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কার্ল বলে।

খ নতুন রাস্তা তৈরীতে রোলার ঠেলা প্রয়োজন। কারণ এতে করে রোলারের আপাত ওজন বৃদ্ধি পায় এবং এই অতিরিক্ত ওজন রাস্তার ঢালাইয়ের শূন্যস্থান পূরণ করে ও স্থায়িত্ব বাড়ায়।



ঠেলার ক্ষেত্রে



টানার ক্ষেত্রে

এখানে F বলে রোলারটিকে ঠেলা হলে, উলম্ব উপাংশ F sinθ রোলারে ওজন বাড়াবে এবং আনুভূমিক উপাংশ Fcosθ রোলারটিকে সামনে চলতে সহায়তা করবে।

অপরদিকে লনরোলার F বলে টানার ক্ষেত্রে এর উলম্ব উপাংশ F sinθ লনরোলারের ওজনের (w) বিপরীতে কাজ করবে। ফলে লনরোলারের আপাত ওজন হ্রাস পাবে এবং আনুভূমিক উপাংশ F cosθ রোলারটিকে সামনে চলতে সহায়তা করবে।

তাই বলা যায়, নতুন রাস্তা তৈরীতে রোলার টানা অপেক্ষা ঠেলা অধিকতর কার্যকরী।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** BC পথের দূরত্ব হবে 662.9 m।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** OA বরাবর নৌকা চালিয়ে C বিন্দুতে পৌঁছার সময়, $t_1 = 1218$ s এবং O থেকে স্রোতহীন পথে B তে পৌঁছার সময়, $t_2 = 1200$ s। সুতরাং, সময়ের পার্থক্য, $\Delta t = t_1 - t_2 = 1218 - 1200 = 18$s।

প্রশ্ন ▶ ৯৬ ড্যাফোডিল ইন্টারন্যাশনাল কলেজ, চাঁদপুর ▌প্রশ্ন নং ১

$\vec{A} = 3\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$, $\vec{B} = \hat{i} + 2\hat{j} + 3\hat{k}$ এবং $\vec{C} = \hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$ ভেক্টর তিনটি মিলে একটি ত্রিমাত্রিক ক্ষেত্র গঠন করে।

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. দুটি ভেক্টরের মান শূন্য না হলেও ভেক্টর দুটির ডট গুণন শূন্য হতে পারে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{A}$ বরাবর $\vec{B}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. $\vec{A}$, $\vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টর তিনটি একই সমতলে অবস্থিত হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯৬ নং প্রশ্নের উত্তর

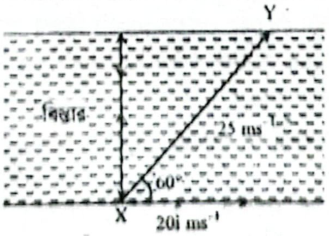
ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ দুটি ভেক্টরের মান শূন্য না হলেও এদের ডট গুণন শূন্য হতে পারে। আমরা জানি, দুইটি ভেক্টর $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ হলে, $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}| \cos\theta$, যেখানে θ হলো ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ। ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব হলে $\cos 90° = 0$ হবে। সেক্ষেত্রে এদের ডট গুণনের মান শূন্য হবে। তাই বলা যায়, দুইটি ভেক্টরের মান শূন্য না হলেও যদি তারা পরস্পর লম্বভাবে ক্রিয়া করে তাদের তবে ডট গুণন শূন্য হবে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.07

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C}) = -4 \neq 0$, তাই ভেক্টরদ্বয় একই সমতলে অবস্থিত নয়।

প্রশ্ন ▶ ৯৭ চট্টগ্রাম কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১



উদ্দীপকে নদীর এ পাড়ের X বিন্দুতে অবস্থিত একটি নৌকার ওপরস্থ একজন যাত্রী নৌকায় ওঠার সাথে সাথে ঝড়ো বাতাস এবং বৃষ্টি শুরু হলো। বাতাসের বেগ $10\hat{i}$ এবং বৃষ্টির বেগ $15\hat{j}$। বাতাস এবং বৃষ্টি থামার পর নৌকাটি নির্দিষ্ট বেগে নির্দিষ্ট দিকে যাত্রা শুরু করে বিপরীত পাড়ের Y বিন্দুতে 25 ms^{-1} বেগে পৌঁছায়। স্রোতের বেগ $20\hat{i}$ ms^{-1}।

ক. ভেক্টর ক্ষেত্রের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. সমপ্রারম্ভিক ভেক্টর সীমাবদ্ধ ভেক্টর নয় কিন্তু অবস্থান ভেক্টর সীমাবদ্ধ ভেক্টর— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. যাত্রীকে বৃষ্টি হতে রক্ষা পেতে হলে কোন দিকে কীভাবে ছাতা ধরবে বের করো। ৩

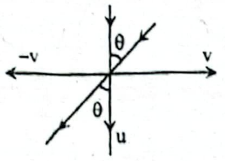
ঘ. নৌকাটি দুই ভিন্ন দিকে যাত্রা শুরু করে Y বিন্দুতে পৌঁছাতে পারবে কি— গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৯৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ক্ষেত্রের সাথে সংশ্লিষ্ট রাশিগুলো যদি ভেক্টর হয় বা রাশিগুলো প্রকাশের জন্য মান ও দিক উভয়ের প্রয়োজন হয়, তবে ঐ ক্ষেত্রকে ভেক্টর ক্ষেত্র বলে।

খ সমপ্রারম্ভিক ভেক্টর হলো এমন একগুচ্ছ ভেক্টর যাদের শুরুর বিন্দু নির্দিষ্ট কিন্তু মান ও দিক দিক ভিন্ন হতে পারে। যেহেতু এদের শেষ বিন্দুর কোন নির্দিষ্টতা নেই এবং মান ও দিকের ভিন্নতা থাকতে পারে তাই এটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর নয়। অন্যদিকে অবস্থান ভেক্টর এমন একটি ভেক্টর যা কোন নির্দিষ্ট মূলবিন্দু থেকে অন্য একটি নির্দিষ্ট বিন্দু পর্যন্ত প্রসারিত হয়। কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে বা নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে ক্রিয়াশীল ভেক্টর একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর। যে কারণে সমপ্রারম্ভিক ভেক্টর সীমাবদ্ধ ভেক্টর নয় কিন্তু অবস্থান ভেক্টর একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

গ



এখানে,
বৃষ্টির বেগ, $\vec{u} = 15\hat{j}$
বা, $|\vec{u}| = 15 \therefore u = 15\ ms^{-1}$
বাতাসের বেগ, $\vec{v} = 10\hat{i}$
বা, $|\vec{v}| = 10 \therefore v = 10\ ms^{-1}$

মনে করি, যাত্রীকে বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে উলম্বের সাথে θ কোণে ছাতা ধরতে হবে।

$\therefore \tan\theta = \frac{v}{u}$ বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v}{u}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{10}{15}\right)$

বা, $\theta = 33.69°$

অর্থাৎ, বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে উলম্বের সাথে 33.69° কোণে ছাতা ধরতে হবে। **(Ans.)**

ঘ

দেওয়া আছে,
লব্ধি বেগ, R স্রোতের বেগের সাথে 60° কোণ উৎপন্ন করে।
সুতরাং, $\vec{R} = 25\cos60\hat{i} + 25\sin60\hat{j}$
$= \frac{25}{2}\hat{i} + \frac{25\sqrt{3}}{2}\hat{j}$

এখানে,
স্রোতের বেগ, $\vec{u} = 20\hat{i}\ ms^{-1}$
নৌকার বেগ, $\vec{v} = ?$
লব্ধি বেগ, $R = 25\ ms^{-1}$

লব্ধি $\vec{R} = \vec{u} + \vec{v}$

বা, $\vec{v} = \vec{R} - \vec{u} = \frac{25}{2}\hat{i} + \frac{25\sqrt{3}}{2}\hat{j} - 20\hat{i} = -\frac{15}{2}\hat{i} + \frac{25\sqrt{3}}{2}\hat{j}$

নৌকার বেগ $\vec{v}$, X অক্ষের সাথে α কোণ তৈরী করলে

$$\cos\alpha = \frac{\vec{v} \cdot \hat{i}}{|\vec{v}| \times |\vec{i}|}$$

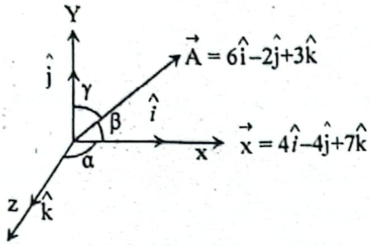
বা, $\cos\alpha = \dfrac{-15/2}{\sqrt{\left(-\frac{15}{2}\right)^2+\left(-\frac{25\sqrt{3}}{2}\right)^2}} = -\dfrac{\sqrt{21}}{14}$

$\therefore \alpha = \cos^{-1}\left(\dfrac{-\sqrt{21}}{14}\right) = 109.1°$

অর্থাৎ নৌকাটি অপর পাড়ের Y বিন্দুতে পৌঁছাতে হলে স্রোতের বেগের সাথে 109.1° কোণে রওনা দিতে হবে। নৌকা ও স্রোতের বেগ নির্দিষ্ট হলে, নদীর অপর পাড়ে নির্দিষ্ট বিন্দুতে পৌঁছাতে একটি নির্দিষ্ট দিকেই যাত্রা শুরু করতে হবে। ভিন্ন দিকে যাত্রা করে Y বিন্দুতে পৌঁছাতে হলে বেগের মানের পরিবর্তন করতে হবে। তাই নৌকাটি দুই ভিন্ন দিকে যাত্রা শুরু করে Y বিন্দুতে পৌঁছতে পারবে না।

প্রশ্ন ▸ ৯৮ **সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ‖ প্রশ্ন নং ১**

$\vec{A} = 6\hat{i} - 2\hat{j} + 3\hat{k}$ ভেক্টরটি স্থানাংক ব্যবস্থার ধনাত্মক অক্ষ সমূহের সাথে বিভিন্ন কোণ উৎপন্ন করে।


Y
$\hat{j}$
$\vec{A} = 6\hat{i}-2\hat{j}+3\hat{k}$
γ
β
$\hat{i}$
$\vec{x} = 4\hat{i}-4\hat{j}+7\hat{k}$
x
α
z
$\hat{k}$

ক. ব্যতিহার ভেক্টর কী? ১

খ. নৌকার গুণ টানা কিভাবে বলের উপাংশের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়? ২

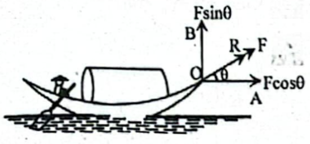
গ. উদ্দীপকে X অক্ষ বরাবর $\vec{x} = 4\hat{i} - 4\hat{j} + 7\hat{k}$ ভেক্টরের উপর $\vec{A}$ ভেক্টরের লম্ব অভিক্ষেপ বের করো। ৩

ঘ. স্থানাংক ব্যবস্থার ধনাত্মক অক্ষ সমূহের সাথে উৎপন্ন কোণ সমূহের মান একই হওয়ার সম্ভাবনা কতটুকু? গাণিতিক ব্যাখ্যা দেখাও। ৪

৯৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমজাতীয় দুটি সমান্তরাল ভেক্টরের একটির মান যদি অপরটির বিপরীত সংখ্যা হয়, তবে তারাই হলো পরস্পরের বিপ্রতীপ বা ব্যতিহার ভেক্টর।

খ নৌকার গুণ টানাকে ভেক্টরের উপাংশের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। OR বরাবর F বলে নৌকাকে টানলে এর আনুভূমিক উপাংশ Fcosθ নৌকাকে সামনে নিয়ে যাবে এবং উলম্ব উপাংশ Fsinθ নৌকাকে পাড়ের দিকে টানে যা নৌকার হাল দ্বারা প্রতিহত করা হয়। গুণ যত লম্বা হবে Fcosθ এর মান তত বেশি হবে এবং নৌকা টানতে সুবিধা হবে।



গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\dfrac{53}{9}$।

ঘ দেওয়া আছে,

$\vec{A} = 6\hat{i} - 2\hat{j} + 3\hat{k}$

উদ্দীপক অনুসারে, ভেক্টরটি স্থানাংক ব্যবস্থার ধনাত্মক অক্ষ, X, Y, Z এর যথাক্রমে α, β, γ কোণ উৎপন্ন করে।

আমরা জানি,

$\cos\alpha = \dfrac{A_x}{\sqrt{A_x^2+A_y^2+A_z^2}} = \dfrac{6}{\sqrt{6^2+(-2)^2+3^2}} = \dfrac{6}{7}$

বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(\dfrac{6}{7}\right)$

বা, $\alpha = 31°$

একইভাবে, $\cos\beta = \dfrac{A_y}{\sqrt{A_x^2+A_y^2+A_z^2}} = \dfrac{-2}{\sqrt{6^2+(-2)^2+3^2}} = \dfrac{-2}{7}$

বা, $\beta = \cos^{-1}\left(\dfrac{2}{7}\right)$

বা, $\beta = 106.6°$

এবং $\cos\gamma = \dfrac{A_z}{\sqrt{{A_x}^2+{A_y}^2+{A_z}^2}} = \dfrac{3}{\sqrt{6^2+(-2)^2+3^2}} = \dfrac{3}{7}$

বা, $\gamma = \cos^{-1}\left(\dfrac{3}{7}\right)$

$\therefore \gamma = 64.6°$

অতএব দেখা যাচ্ছে ভেক্টরটির, স্থানাংক ব্যবস্থার ধনাত্মক অক্ষসমূহের সাথে উৎপন্ন কোণসমূহের মান ভিন্ন ভিন্ন। সুতরাং, একই হওয়ার সম্ভাবনা নেই।

প্রশ্ন ▸ ৯৯ **বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম ‖ প্রশ্ন নং ১**

আলবার্ট ও আইজ্যাক দুই বন্ধু রাস্তায় দাঁড়িয়ে গল্প করছিল। হঠাৎ বৃষ্টি খাড়াভাবে 3 ms^{-1} বেগে পড়ছিল এবং বাতাস 2 ms^{-1} বেগে প্রবাহিত হচ্ছিল। আলবার্টের নিকট ছাতা থাকায় সে বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেলেও আইজ্যাক বাতাসের বেগের দিকে বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে দৌড় দিল 1 ms^{-1} বেগে।

ক. কার্ল কী? ১

খ. ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চলে না ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আলবার্টকে বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে উলম্বের সাথে কত কোণে ছাতা ধরতে হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আইজ্যাক এর গায়ে বৃষ্টি কত বেগে আঘাত করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্ল হচ্ছে কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি, যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে।

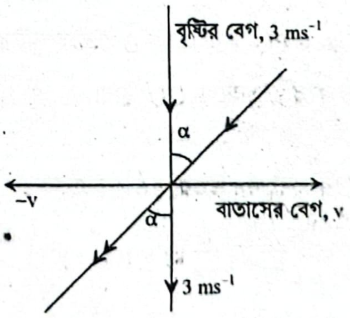
খ $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যকার কোণ θ হলে, $\vec{A}\times\vec{B} = \hat{\eta}\,AB\sin\theta$।

আবার, $\vec{B}\times\vec{A} = AB\sin\theta\left(-\hat{\eta}\right) = -AB\sin\theta\,\hat{\eta}$।

অর্থাৎ, $\vec{A}\times\vec{B}$ এর দিক যা হবে $\vec{B}\times\vec{A}$ এর দিক হবে তার বিপরীতে। তাই $\vec{A}\times\vec{B}$ এবং $\vec{B}\times\vec{A}$ ভেক্টরদ্বয়ের মান সমান হলেও দিক হবে পরস্পর বিপরীত। এ কারণে $\vec{A}\times\vec{B} \neq \vec{B}\times\vec{A}$।

অর্থাৎ, ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চলে না।

গ মনে করি, আলবার্টকে বৃষ্টি থেকে রক্ষা পেতে উলম্বের সাথে α কোণে ছাতা ধরতে হবে।



এখানে,
বৃষ্টির বেগ,
$u = 3\ \text{ms}^{-1}$
বাতাসের বেগ,
$v = 2\ \text{ms}^{-1}$
উলম্বের সাথে ছাতার উৎপন্ন কোণ,
$\alpha = ?$

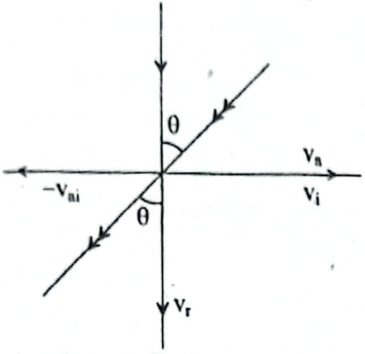
সুতরাং উলম্বের সাথে ছাতার উৎপন্ন কোণ, α

অর্থাৎ, $\tan\alpha = \dfrac{v}{u} = \dfrac{2}{3}$

বা, $\alpha = \tan^{-1}\left(\dfrac{2}{3}\right)$

$\therefore \alpha = 33.69°$ **(Ans.)**

ঘ মনে করি, আইজ্যাকের গায়ে বৃষ্টি w বেগে আঘাত করবে।



এখানে,
বৃষ্টির বেগ,
$v_r = 3\ ms^{-1}$
বাতাসের বেগ,
$v_a = 2\ ms^{-1}$
আইজ্যাকের বেগ,
$v_i = 1\ ms^{-1}$
আপেক্ষিক বেগ,
$v_{ai} = ?$

আনুভূমিক আপেক্ষিক বেগ, $v_{ai} = (2 - 1)\ ms^{-1} = 1\ ms^{-1}$

∴ আইজ্যাকের গায়ে আঘাতকৃত বৃষ্টির লব্ধি বেগ,

$w = \sqrt{v_r^2 + v_{ai}^2} = \sqrt{3^2 + 1^2} = 3.16\ ms^{-1}$

অর্থাৎ, আইজ্যাকের গায়ে বৃষ্টি $3.16\ ms^{-1}$ বেগে আঘাত করবে।

প্রশ্ন ▶ ১০০ জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট ▌প্রশ্ন নং ১

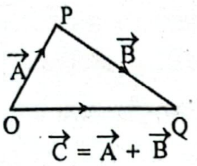
$\vec{A} = 6\hat{i} - 2\hat{j} + 4\hat{k}$, $\vec{B} = 5\hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}$ ও $\vec{C} = 3\hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k}$ তিনটি সুনির্দিষ্ট ভেক্টর। এছাড়া $\vec{D} = (x^2 - y^2)\hat{i} + (y^2 - z^2)\hat{j} + (z^2 - x^2)\hat{k}$ একটি ভেক্টর ফাংশন।

ক. একক ভেক্টর কী? ১
খ. ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্রটি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. $\vec{A}$, $\vec{B}$ ও $\vec{C}$ ভেক্টর দ্বারা গঠিত ঘন সামান্তরিকের আয়তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. $\vec{D}$ ভেক্টরের কার্লের ডাইভারজেন্স কেমন হবে? গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১০০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টর রাশির মান এক একক তাই একক ভেক্টর।

খ ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্রটি হলো– যদি কোনো ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু একইক্রমে দুটি সমজাতীয় ভেক্টরকে মানে ও দিকে নির্দেশ করে তবে তৃতীয় বাহু বিপরীতক্রমে ঐ ভেক্টরদ্বয়ের লব্ধি নির্দেশ করবে।



$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$

যদি ΔPQO ত্রিভুজের দুটি বাহু OP ও PQ দ্বারা $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টর দুটির মান ও দিক একই ক্রমে নির্দেশ করে। তাহলে $\overrightarrow{OQ}$ দ্বারা $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের লব্ধি প্রকাশ পায়।

গ ৬৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 16 ঘন একক।

ঘ $\vec{D}$ ভেক্টরের কার্ল: $\vec{\nabla} \times \vec{D} = (\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial x}\hat{k}) \times \{(x^2 - y^2)\hat{i} + (y^2 - z^2)\hat{j} + (z^2 - x^2)\hat{k}\}$

$$\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ x^2 - y^2 & y^2 - z^2 & z^2 - x^2 \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}\,\{\frac{\partial}{\partial y}(z^2 - x^2) - \frac{\partial}{\partial z}(y^2 - z^2)\} - \hat{j}\,\{\frac{\partial}{\partial x}(z^2 - x^2) - \frac{\partial}{\partial z}(x^2 -$$
$$+ \hat{k}\,\{\frac{\partial}{\partial x}(y^2 - z^2) - \frac{\partial}{\partial y}(x^2 -$$

$$= \hat{i}\,(0 + 2z) - \hat{j}(-2x + 0) + \hat{k}\,(0 + 2y) = 2z\hat{i} + 2x\hat{j} + 2y\hat{k}$$

সুতরাং $\vec{\nabla}.(\vec{\nabla} \times \vec{D}) = (\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}).(2z\hat{i} + 2x\hat{j} + 2y\hat{k})$

$$= \frac{\partial}{\partial x}(2z) + \frac{\partial}{\partial y}(2x) + \frac{\partial}{\partial z}(2y)$$
$$= 0 + 0 + 0 = 0$$

সুতরাং $\vec{D}$ ভেক্টরের কার্লের ডাইরজেন্স শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ১০১ জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক কলেজ, সিলেট ▌

$4\ ms^{-1}$ বেগে বহমান 1.5 km প্রস্থের নদীতে $6\ ms^{-1}$ বেগে নৌকা নূন্যতম সময়ে নদী পার হচ্ছে। একই বেগে চলে অপর নৌকা নূন্যতম দূরত্বে নদীটি পার হলো।

ক. কৌণিক ভরবেগ কী?
খ. বৃত্তাকার পথে কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয় ব্যাখ্যা কর।
গ. দ্বিতীয় নৌকার মাঝি নদীর পাড়ের সাথে কত কোণে চালিয়েছিলো নির্ণয় করো।
ঘ. দ্বিতীয় নৌকাটি একই পথে চলে শুধুমাত্র নৌকার পরিবর্তন করে প্রথম নৌকার সাথে একই সময়ে নদীর পাড়ে পৌছাতে পারবে কি? গাণিতিক যুক্তিসহ তোমার দাও।

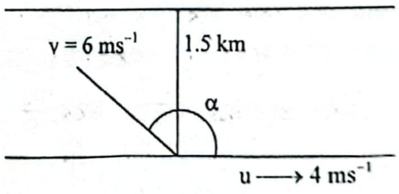
১০১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা অর্থাৎ ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফলই হলো ঐ অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুর কৌণিক ভরবেগ।

খ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তুর ওপর কেন্দ্রমুখী বল ক্রিয়া করে। যে কোনো মুহূর্তে কেন্দ্রমুখী বলের ($\vec{F_c}$) দিক বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর, প্রতিটি ক্ষুদ্র সময়ে বস্তুর ক্ষুদ্র সরণ ($\vec{ds}$) হয় বৃত্তের স্পর্শক বরাবর। $\vec{F_c}$ ও $\vec{ds}$ এর মধ্যকার কোণ $\theta = 90°$ হয়। সুতরাং, কেন্দ্রমুখী বল কৃতকাজ, $W = \vec{F_c}.\vec{ds} = F_c \times ds\cos 90° = 0$। অর্থাৎ, কেন্দ্রমুখী বল কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না। তাই বৃত্তাকার পথে কেন্দ্রমুখী বল কৃতকাজ শূন্য হয়।

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 131.8°।

ঘ



১ম নৌকাটির নূন্যতম সময়ে নদী পার হয়। সেক্ষেত্রে, সর্বনিম্ন সময়,

$t_{min} = \frac{d}{v}$
$= \frac{1500}{6}$
$= 250\ sec$

এখানে,
নদীর প্রস্থ,
$d = 1.5\ km = 1500\ m$
স্রোতের বেগ, $u = 4\ ms^{-1}$
নৌকার বেগ, $v = 6\ ms^{-1}$
১ম নৌকার জন্য সর্বনিম্ন সময়, t_{min}
২য় নৌকার পরবর্তী বেগ, $v_1 = ?$
$\alpha = 131.8°$
এবং, $t = t_{min}$

২য় নৌকাটি নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময়,

$$t = \frac{d}{v_1 \sin\alpha} = 250 \text{ sec}$$

$$\text{বা, } v_1 = \frac{d}{t\sin\alpha} = \frac{1500}{250 \times \sin 131.8^\circ} = 8.05 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, ২য় নৌকাটি বেগ পরিবর্তন করে 8.05 ms^{-1} করলে নৌকাটি ১ম নৌকাটির সাথে একই সময়ে নদীর অপর পাড়ে পৌছাতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ১০২ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট ▌প্রশ্ন নং ৬

1টি গাড়ির সামনের ও পিছনের কাঁচ অনুভূমিকের সাথে যথাক্রমে 45° ও 60° কোণে আনত। এটি 10 ms^{-1} বেগে চলা বায়ু প্রবাহের বিপরীতে 50 ms^{-1} বেগে গতিশীল। ঐ মুহূর্তে বৃষ্টির বেগ ছিল 30 ms^{-1}।

ক. স্ক্রু গজের লঘিষ্ট গণন কী? ১

খ. ডাইভারজেন্সের তাৎপর্য ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বৃষ্টি সামনের কাঁচকে কত কোণে আঘাত করবে? ৩

ঘ. গাড়ির ন্যূনতম বেগ কত হলে পিছনের কাঁচ ভিজবে না? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১০২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্ক্রুগজের বৃত্তাকার স্কেলের মাত্র এক ভাগ ঘুরালে স্ক্রুটি যতটুকু সরে আসে তাই ঐ যন্ত্রের লঘিষ্ঠ গণন।

খ ডাইভারজেন্সের তাৎপর্য হলো:

i. ডাইভারজেন্স দ্বারা একক আয়তনে কোনো দিক রাশির মোট কতটুকু ফ্লাক্স কোনো বিন্দু অভিমুখী বা অপসারিত হচ্ছে তা প্রকাশ করে।

ii. $\vec{\nabla}.\vec{V}$ বা div $\vec{V}$ দ্বারা একক সময়ে কোনো তরল পদার্থের ঘনত্বের পরিবর্তনের হার বুঝায়। মান ধনাত্মক হলে, তরল পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়; মান ঋণাত্মক হলে আয়তনের সংকোচন ঘটে।

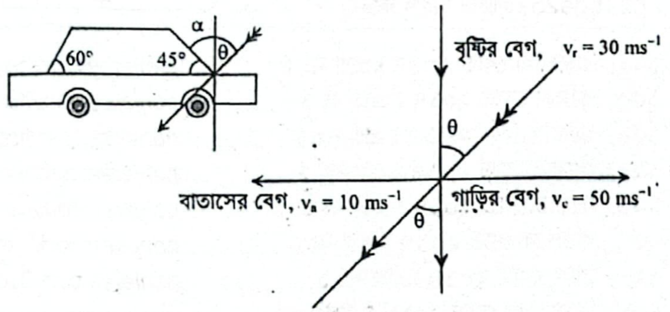
iii. ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স একটি স্কেলার ক্ষেত্র।

গ

মনে করি, বৃষ্টি সামনের কাঁচকে α কোণে আঘাত করবে।

এখানে, অনুভূমিক আপেক্ষিক বেগ, $v_{ac} = 10 + 50 = 60$ ms^{-1}

এখানে,
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 30$ ms^{-1}
বাতাসের বেগ, $v_a = 10$ ms^{-1}
গাড়ির বেগ, $v_c = 50$ ms^{-1}
অনুভূমিক আপেক্ষিক বেগ $v_{ac} = ?$
উলম্বের সাথে কোণ, $\theta = ?$


60°
45°
α
θ
বৃষ্টির বেগ, $v_r = 30$ ms^{-1}
θ
বাতাসের বেগ, $v_a = 10$ ms^{-1}
গাড়ির বেগ, $v_c = 50$ ms^{-1}
θ

$$\tan\theta = \frac{V_{ac}}{V_r} = \frac{60}{30}$$

$$\text{বা,} \theta = \tan^{-1} 2 = 63.43^\circ$$

অতএব, বৃষ্টি সামনের কাঁচকে কাচের সাথে (45° + 63.43°) বা, 108.43° কোণে আঘাত করবে। **(Ans.)**

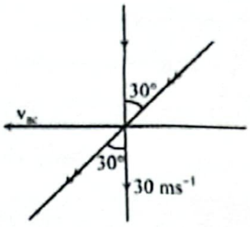
ঘ

মনে করি, গাড়ির নূন্যতম বেগ, v_c হলে পিছনের কাঁচ ভিজবে না। যেহেতু পিছনের কাঁচ অনুভূমিকের সাথে 60° কোণে আনত। তাই পিছনের কাঁচ না ভেজানোর জন্য বৃষ্টি উলম্বের সাথে ন্যূনতম (90 – 60°) বা 30° কোণে আপতিত হতে হবে।

এখানে,
বৃষ্টির বেগ,
$v_r = 30$ ms^{-1}
বাতাসের বেগ, $v_a = 10$ ms^{-1}
গাড়ির বেগ, $v_c = ?$
উলম্বের সাথে কোণ, $\theta = ?$
আনুভূমিক আপেক্ষিক বেগ
$v_{ac} = ?$

$$\text{অতএব, } \tan 30^\circ = \frac{v_{ac}}{30}$$

$$\text{বা,} v_{ac} = 10\sqrt{3}$$



সুতরাং গাড়ির বেগ, $v_c = v_{ac} - v_a = 10\sqrt{3} - 10 = 7.32$ ms^{-1}। অর্থাৎ, গাড়িটি নূন্যতম 7.32 ms^{-1} বেগে চললে পিছনের কাঁচকে ভিজাবে না।

প্রশ্ন ▸ ১০৩ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট ▌প্রশ্ন নং ৭

2 km প্রস্থের নদীতে স্রোতের বেগ 2 kmh^{-1}। দুটি নৌকা A ও B নদীটি পার হওয়ার জন্য একই বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে। A নৌকার অবস্থান ভেক্টর $(2t\hat{i} + 4t\hat{j})$ km ও B নৌকার বেগ $(\hat{i}+5\hat{j})$ kmh^{-1}

ক. কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীল নীতিটি বিবৃত করো। ১

খ. ডাইভারজেন্স ও কার্লের পার্থক্য লিখো। ২

গ. B নৌকা স্রোতের সাথে কত কোণে যাত্রা করেছিলো? ৩

ঘ. কোন নৌকাটি কম সময়ে নদী পার হতে পারবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

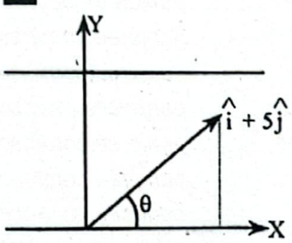
১০৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীল নীতিটি হলো— কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত সকল টর্কের লব্ধি শূন্য হলে বস্তুটির কৌণিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না।

খ ডাইভারজেন্স ও কার্লের পার্থক্য হলো—

ডাইভারজেন্স	কার্ল
১। ডাইভারজেন্স একটি স্কেলার রাশি	১। কার্ল একটি ভেক্টর রাশি
২। ডাইভারজেন্সের মাধ্যমে একটি ভেক্টর ক্ষেত্রকে স্কেলার ক্ষেত্রে রূপান্তর করা যায়।	২। কার্লের মাধ্যমে একটি ভেক্টর ক্ষেত্র থেকে ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের উপর লম্ব বরাবর আরেকটি ভেক্টর ক্ষেত্র পাওয়া যায়।

গ



এখানে,
B নৌকার বেগ, $\vec{V}_B = (\hat{i} + 5\hat{j})$ kmh^{-1}
X অক্ষ বরাবর উপাংশ, $V_x = \hat{i}$
Y অক্ষ বরাবর উপাংশ, $V_y = 5\hat{j}$

এখানে, B নৌকাটি স্রোতের সাথে θ কোণে যাত্রা করলে,

$$\tan\theta = \frac{V_y}{V_x} = \frac{5}{1}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1}\frac{5}{1} = 78.69^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ A নৌকার বেগ,

$$\vec{V}_A = \frac{d\vec{S}}{dt} = \frac{d}{t}(2t\hat{i}+4t\hat{j})$$

$$= (2\hat{i}+4\hat{j})\text{kmh}^{-1}$$

এখানে,
A নৌকার অবস্থান ভেক্টর
$\vec{S} = 2t\hat{i} + 4t\hat{j}$

নদীর প্রস্থ বরাবর A নৌকার বেগের উপাংশ,
$v_{AY} = 4\ kmh^{-1}$

নদীর প্রস্থ = 2 km
B নৌকার বেগ, $v_B = \hat{i} + 5\hat{j}$

∴ নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময়,

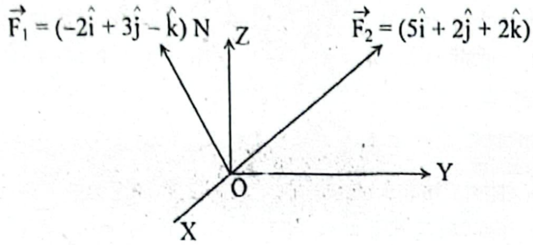
$$t_A = \frac{d}{v_{AY}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}h = 30\ min$$

B নৌকার নদীর প্রস্থ বরাবর বেগের উপাংশ, $v_{BY} = 5\ kmh^{-1}$

∴ নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময়, $t_B = \frac{d}{v_{BY}} = \frac{2}{5} = 0.4\ h = 24\ min$

এখানে, $t_B < t_A$; ∴ B নৌকাটি কম সময়ে নদী পার হতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ১০৪ মাগুরা সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৭


$\vec{F_1} = (-2\hat{i} + 3\hat{j} - \hat{k})$ N
Z
$\vec{F_2} = (5\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k})$
Y
O
X

চিত্রে $\vec{F_1}$ ও $\vec{F_2}$ বলদ্বয় O বিন্দুতে ক্রিয়াশীল।

ক. একক ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. একই তলে ক্রিয়াশীল দুটি ভেক্টরকে যথাক্রমে ঘড়ির কাঁটার দিকে এবং বিপরীত দিকে সমপরিমাণ ঘোরালে লব্ধির দিক একই হবে কি না? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. $\vec{F_1} \times \vec{F_2}$ বের করো। ৩

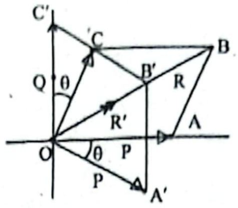
ঘ. $\vec{F_1} + \vec{F_2}$ ও $\vec{F_1} - \vec{F_2}$ পরস্পর লম্ব কি না যাচাই করো। ৪

১০৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টর রাশির মান এক একক তাকে একক ভেক্টর বলে।

খ একই তলে ক্রিয়াশীল দুটি ভেক্টরকে ঘড়ির কাটার দিকে এবং বিপরীতদিকে সমান পরিমাণ ঘুরালে লব্ধির দিক একই থাকবে।

P, Q বলদ্বয় OA, OC বরাবর ক্রিয়াশীল অবস্থায় এদের লব্ধি OB বরাবর ক্রিয়াশীল ছিল। P কে ঘড়ির কাটার দিকে θ পরিমাণে ঘুড়িয়ে এবং Q কে ঘড়ির কাটার বিপরীত দিকে θ পরিমাণে ঘুরালে এদের সন্নিহিত বাহুদ্বয় ধরে অঙ্কিত সামান্তরিকে কর্ণ OB′ বরাবর লব্ধি ক্রিয়াশীল থাকে যা পূর্বের সাথে এক দিকে অবস্থান করে। তবে সমান পরিমানে ভেক্টরদ্বয়কে ঘুরানো না হলে লব্ধি দিক, একই থাকবে না।



গ এখানে প্রদত্ত ভেক্টরদ্বয় হলো,

$$\vec{F_1} = (-2\hat{i} + 3\hat{j} + \hat{k})\ N,\ \vec{F_2} = (5\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k})\ N$$

$$\therefore \vec{F_1} \times \vec{F_2} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -2 & 3 & 1 \\ 5 & 2 & 2 \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}(6-2) - \hat{j}(-4-5) + \hat{k}(-4-15)$$

$$= (4\hat{i} + 9\hat{j} - 19\hat{k})\ N\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ দুটি ভেক্টরের স্কেলার গুণফল শূন্য হলে ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব হবে।

এখানে,
$\vec{F_1} = -2\hat{i} + 3\hat{j} + \hat{k}$
$\vec{F_2} = 5\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$

$$\vec{F_1} + \vec{F_2} = (-2\hat{i} + 3\hat{j} + \hat{k}) + (5\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k})$$
$$= 3\hat{i} + 5\hat{j} + 3\hat{k}$$

এবং, $\vec{F_1} - \vec{F_2} = (-2\hat{i} + 3\hat{j} + \hat{k}) - (5\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k})$
$$= -7\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}$$

ধরি, $\vec{F_1} + \vec{F_2}$ ও $\vec{F_1} - \vec{F_2}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ θ.

$$\therefore \left(\vec{F_1} + \vec{F_2}\right) \cdot \left(\vec{F_1} - \vec{F_2}\right) = \left|\vec{F_1} + \vec{F_2}\right| . \left|\vec{F_1} - \vec{F_2}\right| . \cos\theta$$

বা, $(3\hat{i} + 5\hat{j} + 3\hat{k}) . (-7\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}) = \sqrt{3^2 + 5^2 + 3^2} . \sqrt{(-7)^2 + 1^2 + (-1)^2} . \cos\theta$

বা, $-21 + 5 - 3 = \sqrt{43} . \sqrt{51} \cos\theta$

বা, $\cos\theta = \left(\frac{-21 + 5 - 3}{\sqrt{43} \times \sqrt{51}}\right)$

বা, $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{-19}{\sqrt{43} \times \sqrt{51}}\right) = 113.94° \neq 90°$

সুতরাং, $\left(\vec{F_1} + \vec{F_2}\right)$ ও $\left(\vec{F_1} - \vec{F_2}\right)$ ভেক্টর দুটি পরস্পর লম্ব নয়।

১০৫ থেকে ১৩৮ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph1bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

১০৫. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১০৬. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮.................panjeree.com/hsc
১০৭. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১০৮. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬.................panjeree.com/hsc
১০৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১১০. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩.................panjeree.com/hsc
১১১. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১১২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২.................panjeree.com/hsc
১১৩. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১১৪. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২.................panjeree.com/hsc
১১৫. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২.................panjeree.com/hsc
১১৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১১৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭.................panjeree.com/hsc
১১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১১৯. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২০. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২১. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২২. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২৫. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২৬. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২৭. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১২৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩০. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩২. সিলেট বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩৩. যশোর বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩৪. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc
১৩৮. যশোর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ১.................panjeree.com/hsc

অধ্যায় ৪ নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

■ বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	১	১	১	১	২	১	১	১০
২০২৩	২	২	২	২	১	২	১	১	২	১৫
২০২২	১	২	১	১	২	২	১	১	১	১২
২০২১	২	২	১	২	২	২	২	২	১	১৬
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	০	১	১	১	১	১	১	৭
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	১	–	১	১	১	০	১	১	২	৮
২০১৬	১	–	১	০	০	১	১	১	০	৫
২০১৫	–	–	০	১	০	১	১	০	১	৪
মোট প্রশ্ন	১০	৭	৮	১০	৯	১১	১১	৯	১০	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▶ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪

বান্দরবানের পাহাড়ি রাস্তার বাঁকে সুমন 200 kg ভরের একটি গাড়ি $60 kmh^{-1}$ বেগে চালাচ্ছে। রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ 150m। ঐ স্থানে রাস্তাটি 4m চওড়া এবং ভিতরের কিনারা থেকে বাইরের কিনারা 0.5m উঁচু।

ক. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি লেখ। ১

খ. কোনো ঘূর্ণায়মান বস্তুর জড়তার ভ্রামক $15 kg\text{-}m^2$ বলতে কী বুঝায়? ২

গ. গাড়ির কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সুমন রাস্তার বাঁকটিতে নিরাপদে গাড়িটি চালাতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উত্তর দাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি হলো— যখন কোনো ব্যবস্থার ওপর প্রযুক্ত নিট বাহ্যিক বল বা টর্ক শূন্য হয়, তখন ব্যবস্থাটির যথাক্রমে মোট রৈখিক ভরবেগ বা কৌণিক ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

খ কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে কোনো ঘূর্ণায়মান বস্তুর জড়তার ভ্রামক $15 kg\text{-}m^2$ বলতে বুঝায় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঐ অক্ষ থেকে তাদের প্রত্যেকের লম্ব দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টি 15 $kg\text{-}m^2$। অন্যভাবে বলা যায় যে, ঐ অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির 1 $rads^{-2}$ কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করতে হলে 15 N.m টর্ক প্রয়োগ করতে হবে।

গ গাড়িটির কেন্দ্রমুখী বল,

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

$$= \frac{200 \times (16.667)^2}{150}$$

$$= 370.38 \text{ N } \textbf{(Ans.)}$$

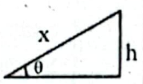
এখানে,
গাড়ির ভর, m = 200 kg
গাড়ির বেগ, $v = 60 \text{ kmh}^{-1}$
$= \frac{60 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1}$
$= 16.667 \text{ ms}^{-1}$
বাঁকের ব্যাসার্ধ, r = 150 m

ঘ ঐ স্থানে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

$$\sin\theta = \frac{h}{x}$$

$$\text{বা, } \sin\theta = \frac{0.5}{4}$$

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1}\left(\frac{0.5}{4}\right) = 7.18°$$



এখানে,
রাস্তার প্রস্থ, x = 4 m
দুই প্রান্তের উচ্চতার পার্থক্য,
h = 0.5 m
বাঁকের ব্যাসার্ধ, r = 150 m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

ঐ রাস্তার বাঁকে গাড়ি নিরাপদে চালানোর জন্য সর্বোচ্চ বেগ v_{max} হলে,

$$\tan\theta = \frac{v_{max}^2}{rg}$$

$$\text{বা, } v_{max} = \sqrt{rg\tan\theta} = \sqrt{150 \times 9.8 \times \tan(7.18°)} = 13.61 \text{ ms}^{-1}$$

দেওয়া আছে, সুমনের বেগ, $v = 60 \text{ kmhr}^{-1} = 16.667 \text{ ms}^{-1}$

দেখা যাচ্ছে, $v > v_{max}$

সুতরাং বলা যায়, সুমন রাস্তার বাঁকটিতে নিরাপদে গাড়িটি চালাতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ২

রহিম 200 gm ভরের একটি বস্তুকে সুতায় বেঁধে দুটি অবস্থান থেকে অনুভূমিকভাবে প্রতি মিনিটে 60 বার ঘুরাচ্ছে। অবস্থান ভেক্টর দুটি যথাক্রমে $\vec{r_1} = (3\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})$m এবং $\vec{r_2} = (4\hat{i} + 2\hat{j} - 3\hat{k})$ m. উভয় ক্ষেত্রে প্রয়োগকৃত বলের পরিমাণ $\vec{F} = (5\hat{i} + 4\hat{j} - 3\hat{k})$ N.

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী? ১

খ. রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উঁচু হয় কেন? ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের দুটি অবস্থানে টর্ক সমান হবে কি-না— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ কোনো গাড়ি যখন বাঁক নেয় তখন এ বাঁকা পথে ঘুরার জন্য একটি কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুখী বল পাওয়া না গেলে গাড়ি গতি জড়তার কারণে বাঁকা পথের স্পর্শক বরাবর চলে যাবে। এতে অনেক সময় গাড়ি উল্টে পড়ে যেতে পারে। সমতল পথে বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ির চাকা ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বল এ কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। কিন্তু ঘর্ষণ বলের মান তথা কেন্দ্রমুখী বলের মান খুব কম হওয়ায় গাড়ি বেশি জোরে বাঁক নিতে পারে না। বেশি জোরে বাঁক নিতে গেলে কেন্দ্রমুখী বলের মান বাড়াতে হবে। আর সে জন্য বাঁকের মুখে রাস্তার তলকে অনুভূমিক তলের সাথে হেলিয়ে রাখতে হবে যাতে প্রতিক্রিয়া বলের একটি অংশ প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। তাই রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উঁচু থাকে।

গ ১ম ক্ষেত্রে, বস্তুকে সুতায় বেধে ঘোরানোর ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক $I = mr_1^2$

∴ কৌণিক ভরবেগ,

$$L = I\omega = mr_1^2\,\omega$$
$$= 0.2 \times (\sqrt{14})^2 \times 2\pi$$
$$= 17.6\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 200\ \text{gm} = 0.2\ \text{kg}$

কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi n}{t} = \frac{2\pi \times 60}{60} = 2\pi\ \text{rads}^{-1}$

১ম ক্ষেত্রে,

অবস্থান ভেক্টর,

$\vec{r_1} = (3\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})\ \text{m}$

ব্যাসার্ধ, $r_1 = |\vec{r_1}| = \sqrt{3^2 + 2^2 + (-1)^2} = \sqrt{14}\ \text{m}$

ঘ আমরা জানি,

টর্ক, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

১ম অবস্থানে,

$$\text{টর্ক, } \vec{\tau_1} = \vec{r_1} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 2 & -1 \\ 5 & 4 & -3 \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}(-6 + 4) - \hat{j}(-9 + 5) + \hat{k}(12 - 10)$$
$$= -2\hat{i} + 4\hat{j} + 2\hat{k}$$

এখানে,

১ম ক্ষেত্রে অবস্থান ভেক্টর,

$\vec{r_1} = (3\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})\ \text{m}$

২য় ক্ষেত্রে অবস্থান ভেক্টর,

$\vec{r_2} = (4\hat{i} + 2\hat{j} - 3\hat{k})\ \text{m}$

উভয়ক্ষেত্রে বল,

$\vec{F} = (5\hat{i} + 4\hat{j} - 3\hat{k})\ \text{N}$

∴ টর্কের মান, $|\vec{\tau_1}| = \sqrt{(-2^2) + 4^2 + 2^2} = \sqrt{24} = 4.9\ \text{Nm}$

২য় অবস্থানে টর্ক,

$$\vec{\tau_2} = \vec{r_2} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & 2 & -3 \\ 5 & 4 & -3 \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}(-6 + 12) - \hat{j}(-12 + 15) + \hat{k}(16 - 10) = 6\hat{i} - 3\hat{j} + 6\hat{k}$$

∴ টর্কের মান, $|\vec{\tau_2}| = \sqrt{6^2 + (-3)^2 + 6^2} = 9\ \text{Nm}$

দেখা যাচ্ছে, $|\vec{\tau_1}| \neq |\vec{\tau_2}|$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের দুটি অবস্থানে টর্ক সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ২

একজন সার্কাসের খেলোয়াড় 60 cm দীর্ঘ সুতার একপ্রান্তে 80 gm ভরের একটি বস্তুকে বেঁধে উল্লম্বতলে প্রতি মিনিটে 120 বার ঘুরাচ্ছেন। পরে তিনি সুতার দৈর্ঘ্য 10% কমিয়ে এবং প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা 5% বৃদ্ধি করে বস্তুটিকে অনুভূমিক তলে ঘুরাতে থাকেন।

ক. টর্ক কী? ১

খ. ঘোড়ার গাড়ি কীভাবে গতিপ্রাপ্ত হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বস্তুটি যখন উল্লম্ব তলের সর্বোচ্চ বিন্দুতে অবস্থান করে

সুতার টান নির্ণয় করো।

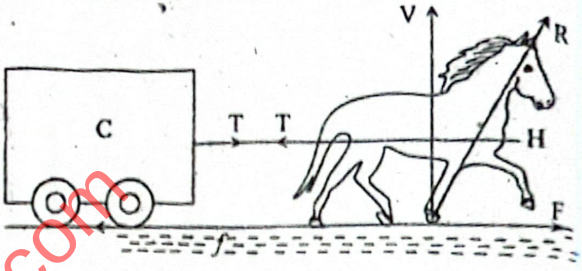
ঘ. উল্লম্বতলে ও অনুভূমিকতলে ঘুরানোর সময় বস্তুর

ভরবেগ সমান হবে না– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

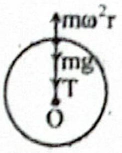
ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাই টর্ক।

খ নিউটনের ৩য় সূত্র মেনে চলার কারণে ঘোড়ার গাড়ি গতিপ্রাপ্ত ঘোড়া যখন গাড়িকে টানে তখন গাড়িও সমান বলে ঘোড়াকে টানে। মনে করি, C গাড়িটিকে H ঘোড়ায় টানছে। ঘোড়ার সাথে গা একটি দড়ি দ্বারা সংযুক্ত। ঘোড়া গাড়িটিকে সামনের দিকে টানার দড়ির মধ্য দিয়ে গাড়ির ওপর যে টান T প্রয়োগ করবে সেটা হচ্ছে বল। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে গাড়িও দড়ির মাধ্যমে ঘোড়ার সমান ও বিপরীত টান T প্রয়োগ করবে।



ঘোড়া এগোবার জন্য পা দ্বারা তির্যকভাবে মাটিতে আঘাত করে ভূমিও একটি সমান প্রতিক্রিয়া বল R ঘোড়ার পায়ের ওপর প্র করে, এ প্রতিক্রিয়া বল অনুভূমিক ও উল্লম্ব উপাংশে বিভক্ত হয়ে উল্লম্ব উপাংশে V ঘোড়ার ওজনকে বহন করে আর অনুভূমিক উপা ঘোড়াকে সামনের দিকে এগিয়ে নিতে চেষ্টা করে। যখন এ F চাকা ও ভূমির মধ্যকার ঘর্ষণ বল f এর চেয়ে বেশি হয় তখনই গাড়িটি সামনের দিকে এগোবে।

গ



উল্লম্বতলে ঘোরানোর ক্ষেত্রে, সর্বোচ্চ বিন্দুতে সুতার টান T হলে,

$$\Sigma F = F_c$$

বা, $T + mg = m\omega^2 r$

[কেন্দ্রমুখী বল, $F_c = m\omega^2 r$]

বা, $T = m\omega^2 r - mg$

$= 0.08 \times (4\pi)^2 \times 0.6 - 0.08 \times 9.8$

$= 6.8\ \text{N}$ **(Ans.)**

এখানে,

সূতার দৈর্ঘ্য l

= বৃত্তাকার পথের ব্যাসা

$r = 60\ \text{cm} = 0.6\ \text{m}$

বস্তুর ভর, $m = 80\ \text{gm} = 0.08\ \text{kg}$

কৌণিক বেগ,

$\omega = \frac{2\pi n}{t} = \frac{2\pi \times 1}{60}$

$= 4\pi$ rad

ঘ সূতায় বেধে বস্তুকে বৃত্তাকার পথে ঘুরানোর ক্ষেত্রে,

জড়তার ভ্রামক, $I = mr^2$

১ম ক্ষেত্রে, বস্তুকে উল্লম্বতলে ঘুরানোর ক্ষেত্রে, কৌণিক ভরবেগ,

$L_1 = I_1\omega_1$

$= mr_1^2\omega_1$

$= 0.08 \times (0.6)^2 \times 4\pi$

$= 0.362\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$

এখানে,

বস্তুর ভর,

$m = 80\ \text{gm} = 0.08\ \text{kg}$

সূতার দৈর্ঘ্য, l = বৃ

পথের ব্যাসার্ধ,

$r_1 = 60\ \text{cm} = 0.6\ \text{m}$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $n_1 = 120$

কৌণিক বেগ, $\omega_1 = \frac{2\pi}{t}$

$= \frac{2\pi \times 1}{60}$

$= 4\pi$ rads

২য় ক্ষেত্রে, বস্তুকে আনুভূমিক তলে ঘুরানোর ক্ষেত্রে,

কৌণিক ভরবেগ,

$L_2 = I_2\omega_2$

$= mr_2^2\omega_2$

$= 0.08 \times (0.54)^2 \times 13.195$

$= 0.307\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$

দেখা যাচ্ছে, $L_1 \neq L_2$

সুতরাং বলা যায়, উলম্বতলে ও আনুভূমিক তলে ঘুরানোর সময় বস্তুর কৌণিক ভরবেগ সমান হবে না।

এখানে,

ভর, $m = 80\ \text{gm} = 0.08\ \text{kg}$

সূতার দৈর্ঘ্য 10% কমানো হলে নতুন সূতার দৈর্ঘ্য l_2

= বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ

$r_2 = r_1 - r_1 \times 10\%$

$= 0.9r_1 = 0.9 \times 60\ \text{cm}$

$= 54\ \text{cm} = 0.54\ \text{m}$

প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা 5% বৃদ্ধি করলে,

$n_2 = n_1 + n_1 \times 5\%$

$= 1.05n_1 = 1.05 \times 120 = 126$

কৌণিক বেগ, $\omega_2 = \frac{2\pi n_2}{t} = \left(\frac{2\pi \times 126}{60}\right) \text{rads}^{-1}$

$= 13.195\ \text{rads}^{-1}$

প্রশ্ন ▸৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৪

500 kg ভরের একটি গাড়ি 100 m ব্যাসার্ধের একটি রাস্তার মোড়ে 45 kmh^{-1} বেগে বাঁক নিচ্ছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি 8 m চওড়া এবং ভিতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 1 m উঁচু।

ক. বল কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লিয়াসের ওপর ইলেকট্রনের দিকে প্রযুক্ত বল কী ধরনের বল? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গাড়িটির উপর কেন্দ্রমুখী বল কত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রাস্তার মোড়ে গাড়িটি নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বাহ্যিক কারণ কোনো স্থির বস্তুতে গতির সঞ্চার করে বা করতে চায় অথবা কোনো গতিশীল বস্তুর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল বলে।

খ নিউক্লিয়াসের ওপর ইলেকট্রনের দিকে প্রযুক্ত বল হলো কেন্দ্রবিমুখী বা অপকেন্দ্র বল।

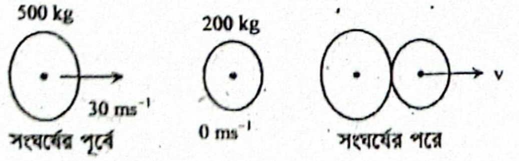
নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে কেন্দ্রমুখী বলের প্রতিক্রিয়াস্বরূপ যে বল বৃত্তের কেন্দ্রের ওপর ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের বাইরের দিকে ক্রিয়া করে, তাকে কেন্দ্রবিমুখী বল বলে। কেন্দ্রবিমুখী বল হচ্ছে কেন্দ্রমুখী বলের সমান ও বিপরীতমুখী বল। উদাহরণস্বরূপ পরামাণুতে ঘূর্ণনরত ইলেকট্রনের ওপর প্রযুক্ত স্থির তড়িৎ আকর্ষণ বল হচ্ছে কেন্দ্রমুখী বল। আর এর প্রতিক্রিয়া স্বরূপ নিউক্লিয়াসের ওপর ইলেকট্রনের দিকে প্রযুক্ত আকর্ষণ বল হচ্ছে কেন্দ্রবিমুখী বল।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 781.25 N

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ঐ রাস্তায় নিরাপদ বাঁক নেবার জন্য সর্বোচ্চ বেগ 40 kmh^{-1} যার চেয়ে গাড়ির বেগ বেশি। তাই রাস্তার মোড়ে গাড়িটি নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে না.।

প্রশ্ন ▸৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ২; সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ২



ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. দেয়ালে ধাক্কা খেয়ে বল পিছনে ফিরে আসে কেন? ব্যাখ্যা করো।২

গ. উপরের চিত্রের 'v' এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সংঘর্ষটি কি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট সরলরেখা থেকে কোনো দৃঢ়বস্তুর প্রত্যেকটি কণার লম্ব দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে ঐ সরলরেখার সাপেক্ষে ঐ বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলে।

খ কোনো একটি বল দেয়ালের গায়ে ধাক্কা খেলে এটি দেয়ালের গায়ে বল প্রয়োগ করে যা হলো ক্রিয়া বল। নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র মতে দেয়াল বলটির গায়ে সমান ও বিপরীতমুখী একটি বল প্রয়োগ করবে যা হলো প্রতিক্রিয়া বল। এই প্রতিক্রিয়া বলের কারণে দেয়ালের সাথে ধাক্কা খেয়ে বল পিছনে ফিরে আসে।

গ চিত্রে দেখা যায়, সংঘর্ষের পরে বস্তুদ্বয় মিলিত হয়ে v বেগে চলতে থাকে। ধরে নেই, প্রথম বস্তুর বেগেড়র দিক ধনাত্মক।

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে,

$m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v$

বা, $v = \frac{m_1u_1 + m_2u_2}{m_1 + m_2}$

বা, $v = \frac{500 \times 30 + 200 \times 0}{500 + 200}$

$\therefore v = 21.43\ \text{ms}^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,

১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 500\ \text{kg}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 200\ \text{kg}$

সংঘর্ষের আগে,

১ম বস্তুর বেগ, $u_1 = 30\ \text{ms}^{-1}$

২য় বস্তুর বেগ, $u_2 = 0\ \text{ms}^{-1}$

সংঘর্ষের পর মিলিত বেগ, $v = ?$

ঘ আমরা জানি, সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের গতিশক্তির সমষ্টি ও সংঘর্ষের পরে বস্তুদ্বয়ের গতিশক্তির সমষ্টি সমান হলে অর্থাৎ গতিশক্তি সংরক্ষিত হলে, তা স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হয়।

সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের গতিশক্তির সমষ্টি

$E_{k_1} = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$

$= \frac{1}{2} \times 500 \times 30^2 + \frac{1}{2} \times 200 \times 0^2$

$= 2.25 \times 10^5\ \text{J}$

সংঘর্ষের পরে বস্তুদ্বয়ের গতিশক্তির সমষ্টি,

$E_{k_2} = \frac{1}{2}m_1v^2 + \frac{1}{2}m_2v^2$

$= \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$

$= \frac{1}{2}(500 + 200) \times (21.43)^2$

$= \frac{1}{2} \times 700 \times (21.43)^2$

$= 1.61 \times 10^5\text{J}$

এখানে,

১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 500\ \text{kg}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 200\ \text{kg}$

সংঘর্ষের আগে,

১ম বস্তুর বেগ, $u_1 = 30\ \text{ms}^{-1}$

২য় বস্তুর বেগ, $u_2 = 0\ \text{ms}^{-1}$

'গ' থেকে পাই,

সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয়ের মিলিত বেগ, $v = 21.43\ \text{ms}^{-1}$

দেখা যাচ্ছে, $E_{k_1} \neq E_{k_2}$

যেহেতু, সংঘর্ষে গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে না, তাই সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না।

প্রশ্ন ▸৬ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ২

একটি রাস্তার প্রস্থ 3.65 m এবং বাঁকের ব্যাসার্ধ 170 m। একটি সর্তকতা বোর্ডে গাড়ির সর্বোচ্চ গতিসীমা 30 kmh^{-1} নির্দেশিত আছে। একজন বাইক চালক উক্ত বাঁকে 60 km.h^{-1} বেগে মোটর বাইক চালাতে ইচ্ছুক। ($g = 9.81\ \text{ms}^{-2}$)

ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. একটি স্প্রিং এর বল ধ্রুবক 2200 Nm^{-1} বলতে কী বুঝো? ২

গ. রাস্তার ভিতর অপেক্ষা বাহিরের অংশের উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বাইক চালক তাৎক্ষণিকভাবে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে নিরাপদে বাঁক অতিক্রম করতে পারবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট সরলরেখা থেকে কোনো দৃঢ়বস্তুর প্রত্যেকটি কণার লম্ব দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে ঐ সরলরেখার সাপেক্ষে ঐ বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলে।

খ একটি স্প্রিং এর বল ধ্রুবক 2200 Nm^{-1} বলতে বুঝায়, একে এর সাম্যাবস্থান হতে 1 m প্রসারিত করতে 2200 N বল প্রয়োজন হয়।

গ রাস্তার ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v^2}{rg}\right)$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{(8.33)^2}{170 \times 9.81}\right)$

$\therefore \theta = 2.383°$

এখানে,
রাস্তার প্রস্থ, $x = 3.65$ m
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 170$ m
গাড়ির সর্বোচ্চ গতিসীমা,
$v = 30$ kmh^{-1}
$= \frac{30 \times 1000}{3600} = 8.33$ ms^{-1}
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.81$ ms^{-2}

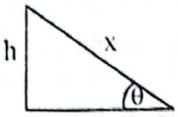
রাস্তার ভিতর অপেক্ষা বাহিরের অংশের উচ্চতা h হলে,

$\sin\theta = \frac{h}{x}$

বা, $h = x\sin\theta$

বা, $h = 3.65 \times \sin(2.383°)$

$\therefore h = 0.152$ m **(Ans.)**



ঘ 'গ' থেকে পাই, রাস্তার ব্যাংকিং কোণ θ = 2.383°

ধরি, বাইক চালক উল্লম্বের সাথে θ_1 কোণে বাঁক নিলে 60 kmh^{-1} বেগে নিরাপদে বাঁক অতিক্রম করতে পারবে।

আমরা জানি,

$\tan\theta_1 = \frac{v^2}{rg}$

বা, $\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{v^2}{rg}\right)$

বা, $\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{(16.667)^2}{170 \times 9.81}\right)$

$= 9.46°$

এখানে,
মোটর বাইকের বেগ,
$v = 60$ kmh^{-1} $= \frac{60 \times 1000}{3600}$
$= 16.667$ ms^{-1}
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 170$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.81$ ms^{-2}

দেখা যাচ্ছে, $\theta_1 > \theta$.

$\therefore$ বাইক চালককে রাস্তার বাঁকে অতিক্রমের সময় উল্লম্বের সাথে আরও বাঁকতে হবে $= \theta_1 - \theta = (9.46° - 2.383°) = 7.077°$

সুতরাং বলা যায়, বাইক চালক তাৎক্ষণিকভাবে উল্লম্বের সাথে আরও 7.077° কোণে বাঁকলে নিরাপদে বাঁক অতিক্রম করতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ৭ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৬

একটি বৈদ্যুতিক পাখার জড়তার ভ্রামক 100 kgm^2। পাখাটি প্রতি মিনিটে 900 বার ঘোরে। পাখাটির সুইচ বন্ধ করার পরে 2 মিনিট পর পাখাটি থামে।

ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১
খ. বাঁকা পথে অতি দ্রুতগামী গাড়ি উল্টে যায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের বর্ণিত পাখায় প্রয়োগকৃত টর্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. থেমে যাওয়ার পূর্বে পাখাটির পক্ষে 1000 বার ঘোরা সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার মতামত দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ ব্যাংকিং সহ একটি রাস্তায় বাঁকাপথে যখন একটি গাড়ি এগিয়ে চলে তখন তার ভিতরের চাকা যে বৃত্তাকার পথে ঘোরে তার ব্যাসার্ধ বাইরের চাকার গতিপথের ব্যাসার্ধ অপেক্ষা কম হয়। ফলে কেন্দ্রমুখী বল $F = \frac{mv^2}{r}$ সূত্র অনুযায়ী বাইরের চাকা অপেক্ষা ভিতরের চাকায় বেশি হয় অর্থাৎ গাড়িটির উপর একটি লব্ধি বল ক্রিয়া করে। গাড়ি দ্রুত গতিতে চললে এ লব্ধি বলের মানও বেশি হয় এবং এর ফলেই গাড়িটি উল্টে যায়।

গ পাখাটির কৌণিক মন্দন α হলে,

$\omega = \omega_0 - \alpha t$

বা, $0 = \omega_0 - \alpha t$

বা, $\alpha t = \omega_0$

বা, $\alpha = \frac{\omega_0}{t} = \frac{30\pi}{120}$

$= 0.7854$ rads^{-2}

এখানে,
পাখাটির আদি কৌণিক বেগ,
$\omega_0 = \frac{2\pi n}{t} = \frac{2\pi \times 900}{60}$
$= 30\pi$ rads^{-1}
থেমে যাওয়ায় শেষ কৌণিক বেগ, $\omega = 0$ rads^{-1}
সময়, $t = 2$ min $= 120$ s
জড়তার ভ্রামক, $I = 100$ kgm^2

এখন, পাখায় প্রয়োগকৃত টর্ক, $\tau = I\alpha = 100 \times 0.7854$
$= 78.54$ Nm **(Ans.)**

ঘ পাখাটির কৌণিক মন্দন θ হলে,

$\theta = \left(\frac{\omega_0 + \omega}{2}\right)t$

$= \left(\frac{30\pi + 0}{2}\right) \times 120$

$= 1800\pi$ rad

এখানে,
পাখাটির আদি কৌণিক বেগ,
$\omega_0 = \frac{2\pi n}{t} = \frac{2\pi \times 900}{60}$
$= 30\pi$ rads^{-1}
শেষ কৌণিক বেগ, $\omega = 0$ rads^{-1}
সময়, $t = 2$ min $= 120$ s

থেমে যাওয়ার পূর্বে পাখার ঘূর্ণন সংখ্যা n হলে,

$\theta = 2\pi n$

বা, $1800\pi = 2\pi n$ বা, $n = \frac{1800\pi}{2\pi} = 900 \neq 1000$

সুতরাং বলা যায়, থেমে যাওয়ার পূর্বে পাখাটির পক্ষে 1000 বার ঘোরা সম্ভব না।

প্রশ্ন ▸ ৮ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৩

কোনো চাকার ভর 10 kg এবং ব্যাসার্ধ 0.5 m চাকার ঘূর্ণন বেগ 500 rpm চাকাটি ঘূর্ণনরত অবস্থায় 6855 N-m বাধাদানকারী টর্ক প্রয়োগ করা হলো।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী? ১
খ. উলম্ব বৃত্তাকার তলে পানিভর্তি বালতিকে ঘুরালে পানি পড়ে না কেন? ২
গ. চাকার ঘূর্ণন গতিশক্তি কত? ৩
ঘ. চাকাটি 10 সেকেন্ডে থামবে কি না? যাচাই করো। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বই চক্রগতির ব্যাসার্ধ।

খ পানি ভর্তি পাত্র উলম্ব তলে ঘুরালে এর গতিপথ বৃত্তাকার হয়। বালতির উপর ক্রিয়াশীল কেন্দ্রবিমুখী বল এর ব্যাসার্ধ বরাবর বাইরের দিকে ক্রিয়া করে। তাই বালতিটি যখন খাড়া উপরের দিকে অবস্থান করে তখন তার পানির ওজন কাজ করে খাড়া নিচের দিকে এবং তার উপর কেন্দ্রবিমুখী বল কাজ করে খাড়া উপরের দিকে। এই কেন্দ্রবিমুখী বল ওজনের সমান বা বড় হলে তা বালতির পানির ওজনকে নিষ্ক্রিয় করে দেয়। ফলে বালতি থেকে পানি পড়ে না।

গ চাকাটি এর কেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে ঘুরছে ধরে নিলে এর জড়তার ভ্রামক, $I = \frac{1}{2}mr^2$

$= \frac{1}{2} \times 10 \times (0.5)^2 = 1.25$ kgm^2

চাকার ঘূর্ণন গতিশক্তি,

$E_k = \frac{1}{2}I\omega^2$

$= \frac{1}{2} \times 1.25 \times (52.36)^2$

$= 1713.481$J **(Ans.)**

এখানে,
চাকার ভর,
$m = 10$ kg
চাকার ব্যাসার্ধ,
$r = 0.5$ m
ঘূর্ণন বেগ,
$\omega = 500$ rpm
$= \frac{500 \times 2\pi}{60}$ rads^{-1}
$= 52.36$ rads^{-1}

ঘ 'টর্ক' প্রয়োগের ফলে চাকার মন্দন α হলে,

$\tau = I\alpha$

বা, $\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{6855}{1.25} = 5484$ rads^{-2}

চাকাটি থামার জন্য প্রয়োজনীয় সময়, t হলে,

$\omega = \omega_0 - \alpha t$

বা, $0 = \omega_0 - \alpha t$

বা, $\alpha t = \omega_0$

বা, $t = \frac{\omega_0}{\alpha} = \frac{52.36}{5484}$

$= 0.00955$ s < 10s

এখানে,
'গ' থেকে পাই, চাকার জড়তার ভ্রামক, $I = 1.25$ kgm^2
বাধাদানকারী টর্ক,
$\tau = 6855$ Nm
আদি কৌণিক বেগ,
$\omega_0 = 500$ rpm
$= \frac{500 \times 2\pi}{60}$ rads^{-1}
$= 52.36$ rads^{-1}
থামার ক্ষেত্রে শেষ কৌণিক বেগ,
$\omega = 0$ rads^{-1}

সুতরাং, চাকাটি 10 s এর আগেই থেমে যাবে।

প্রশ্ন ▸ ৯ **বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৩**

0.5 kg ভরের কোনো বস্তুকে 80 cm লম্বা একটি সুতার সাহায্যে অনুভূমিক বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে। বস্তুটি স্থির অবস্থা থেকে সমকৌণিক ত্বরণে ঘুরা আরম্ভ করে 2 মিনিট পর থেকে প্রতি মিনিটে 120 বার ঘুরছে।

ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১

খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার কারণে কোনো বস্তুর সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 2 মিনিট পর বস্তুটির ওপর কী পরিমাণ টর্ক ক্রিয়া করছে তার মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বস্তুর ওপর টানের মান যদি পূর্বের টানের তিনগুণ করা হয় তাহলে কৌণিক বেগের কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীতমুখী বল হলেও সাম্য প্রতিষ্ঠা করে না, কারণ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। লব্ধি বল শুধু একক বস্তুর উপর বা একক সিস্টেমের উপর ক্রিয়ারত বলগুলো হতে হিসেব করা যায়। একটি সিস্টেমের উপর সমান ও বিপরীতমুখী বলের লব্ধি শূন্য হবে অর্থাৎ সিস্টেমের ত্বরণ শূন্য হবে। কিন্তু নিউটনের ৩য় সূত্রের ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া বল দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। ফলে এরা সমান ও বিপরীতমুখী হলেও লব্ধি শূন্য হবে না অর্থাৎ সাম্য প্রতিষ্ঠা হবে না।

গ বস্তুটির কৌণিক ত্বরণ α হলে,

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

বা, $\alpha = \frac{4\pi - 0}{120}$

বা, $\alpha = 0.1047 \text{ rads}^{-2}$

বস্তুটিকে সূতায় বেধে ঘোরানোর ফলে বস্তুর জড়তার ভ্রামক,

$I = mr^2 = 0.5 \times (0.8)^2$

$= 0.32 \text{ kgm}^2$

এখানে,

আদি কৌণিক বেগ,

$\omega_0 = 0 \text{ rads}^{-1}$

শেষ কৌণিক বেগ,

$\omega = \frac{2\pi n}{t} = \frac{2\pi \times 120}{60}$

$= 4\pi \text{ rads}^{-1}$

সময়, $t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$

বস্তুর ভর, $m = 0.5 \text{ kg}$

সূতার দৈর্ঘ্য = বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$

$\therefore$ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক, $\tau = I\alpha = 0.32 \times 0.1047 = 0.0335 \text{ Nm}$ **(Ans.)**

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, বস্তুর ওপর ক্রিয়াশীল টান বল,

$T_1 = m\omega_1^2 r$

$= 0.5 \times (4\pi)^2 \times 0.8$

$= 63.166 \text{ N}$

বস্তুর ওপর টান পূর্বের টানের তিনগুণ করা হলে,

$T_2 = 3T_1 = (3 \times 63.166) \text{ N}$

$= 189.498 \text{ N}$

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 0.5 \text{ kg}$

সূতার দৈর্ঘ্য = বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$

কৌণিক বেগ, $\omega_1 = \frac{2\pi n}{t}$

$= \frac{2\pi \times 120}{60}$

$= 4\pi \text{ rads}^{-1}$

নতুন কৌণিক বেগ ω_2 হলে,

$T_2 = m\omega_2^2 r$

বা, $\omega_2^2 = \frac{T_2}{mr}$

বা, $\omega_2 = \sqrt{\frac{T_2}{mr}} = \sqrt{\frac{189.498}{0.5 \times 0.8}} = 21.766 \text{ rads}^{-1}$

$\therefore$ কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পাবে, $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$

$= (21.766 - 4\pi) \text{ rads}^{-1}$

$= 9.2 \text{ rads}^{-1}$

প্রশ্ন ▸ ১০ **ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ২**

5 m প্রস্থ একটি রাস্তার একটি নির্দিষ্ট স্থানের বাঁকের বক্রতার ব্যাসার্ধ 80 m। রাস্তার উভয় পাশের উচ্চতার পার্থক্য 0.4 m। বাঁক অতিক্রমের পূর্বে একটি গাড়ি 54 kmh^{-1} বেগে চলছিল।

ক. প্রত্যয়নী বল কাকে বলে? ১

খ. একজন নর্তকী নাচার সময় হাত সংকুচিত করলে ঘূর্ণনে কী সুবিধা পায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বাঁকের স্থানে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো। ৩

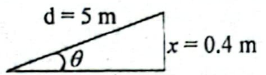
ঘ. উদ্দীপক অনুযায়ী গাড়িটি উক্ত বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোন বস্তুর মাত্রা বিকৃতি ঘটানোর চেষ্টা করলে বস্তুর অভ্যন্তরে বিকৃতির বিরুদ্ধে যে বলের উদ্ভব হয়, তাকে প্রত্যয়নী বল বলে।

খ একজন নর্তকী নাচার সময় হাত সংকুচিত করলে বেশি বেগে ঘুরতে পারে। আমরা জানি, জড়তার ভ্রামক হচ্ছে কোনো বস্তুর ঘূর্ণন এ বাঁধা দেওয়ার প্রবণতা। জড়তার ভ্রামকের সূত্রানুসারে $I = mr^2$ অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক কোনো বস্তুর ভর এবং অক্ষ থেকে ঐ বস্তুর যেকোনো বিন্দুর লম্ব দূরত্ব এর বর্গের সমানুপাতিক। যেহেতু কোনো বস্তুর ভর অপরিবর্তনশীল, সুতরাং জড়তার ভ্রামক পরিবর্তন করতে হলে লম্ব দূরত্ব কে পরিবর্তন করতে হবে। এখন নর্তকী নাচার সময় হাত সংকুচিত করলে ঘূর্ণন অক্ষ থেকে তার হাতের লম্ব দূরত্ব কমে যায়, ফলে জড়তার ভ্রামকও কমে যায়। তাই কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ($I_1\omega=I_2\omega_2$) অনুসারে নর্তকীর কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পায় ফলে তিনি সহজে ঘুরতে পারেন।

গ



আমরা জানি,

$\sin\theta = \frac{x}{d} = \frac{0.4}{5}$

$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.08)$

$= 4.589°$ **(Ans.)**

এখানে,

রাস্তার প্রস্থ, $d = 5 \text{ m}$

রাস্তার উভয় পাশের উচ্চতার পার্থক্য, $x = 0.4 \text{ m}$

ব্যাংকিং কোণ, $\theta = ?$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই, ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 4.589°$

উদ্দীপক অনুসারে, বাঁকের বক্রতায় ব্যাসার্ধ, $r = 80 \text{ m}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ v হলে, $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$

বা, $v^2 = \tan\theta \times rg$

বা, $v = \sqrt{rg\tan\theta}$

$= \sqrt{80 \times 9.8 \times \tan 4.589°} = 7.933 \text{ m·s}^{-1} = 28.56 \text{ km·h}^{-1}$

অর্থাৎ, এই রাস্তায় সর্বোচ্চ 28.56 km·h^{-1} বেগে গাড়ি নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে। যেহেতু বাঁক অতিক্রমের পূর্বে গাড়িটি 54 kmh^{-1} বেগে চলছিল যা সর্বোচ্চ বেগের চেয়ে বেশি, তাই বলা যায় গাড়িটি উক্ত বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে না।

প্রশ্ন ▸ ১১ **ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৩**

8 m প্রস্থের রাস্তা দিয়ে একটি গাড়ি যথাক্রমে 100 m ও 80 m ব্যাসার্ধের দুইটি বাঁক অতিক্রম করলো। রাস্তার ভিতরের ও বাইরের প্রান্তের উচ্চতার পার্থক্য 0.4 m।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১

খ. টর্কের দিক কীভাবে নির্ণয় করবে? ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত রাস্তার ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গাড়িটি উভয় বাঁক কি সমান বেগে অতিক্রম করতে পারবে— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোনো বস্তুর ত্বরণ সৃষ্টির জন্য প্রযুক্ত দ্বন্দ্বের ভ্রামককে টর্ক বলে। প্রযুক্ত বল $\vec{F}$ ও অবস্থান ভেক্টর $\vec{r}$ হলে, টর্ক $\vec{\tau}=\vec{r}\times\vec{F}$। r ও F যেই তলে অবস্থিত τ এর দিক হবে ওই তলের অভিলম্ব বরাবর। টর্কের দিক মূলত বস্তু কীভাবে ঘুরছে তার সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে অর্থাৎ বামাবর্তে (anti clock wise) ঘূর্ণনের জন্য টর্কের দিক ওপর দিকে এবং মান ধনাত্মক। ঘড়ির কাঁটার দিকে অর্থাৎ দক্ষিণাবর্তে (clock wise) ঘূর্ণনের জন্য টর্কের অভিমুখ নিচের দিকে এবং মান ঋণাত্মক।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.87°।

ঘ 'গ' থেকে পাই, রাস্তার ব্যাংকিং কোণ $\theta = 2.87°$

১ম বাঁকে গাড়ির বেগ v_1 হলে,

$\tan\theta = \frac{v_1^2}{r_1 g}$

বা, $v_1^2 = r_1 g\tan\theta$

বা, $v_1 = \sqrt{r_1 g\tan\theta}$

বা, $v_1 = \sqrt{100\times 9.8\times\tan(2.87°)}$

$\therefore v_1 = 7\ \text{ms}^{-1}$

এখানে,
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 100$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\text{ms}^{-2}$

২য় বাঁকে গাড়ির বেগ v_2 হলে,

$\tan\theta = \frac{v_2^2}{r_2 g}$

বা, $v_2^2 = r_2 g\tan\theta$

বা, $v_2 = \sqrt{r_2 g\tan\theta}$

বা, $v_2 = \sqrt{80\times 9.8\times\tan(2.87°)}$

$\therefore v_2 = 6.27\ \text{ms}^{-1}$

এখানে,
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 80$ m

দেখা যাচ্ছে, $v_1 \neq v_2$, বরং $v_1 > v_2$

সুতরাং বলা যায়, গাড়িটি উভয় বাঁক সমান বেগে অতিক্রম করতে পারবে না।

প্রশ্ন ▸ ১২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৫

একটি কণার উপর $\vec{F} = (-5\hat{i} - 3\hat{j} - 6\hat{k})$N বল প্রয়োগ করায় কণাটি P(−6, 7, −1) বিন্দু থেকে Q(−3, −8, 4) বিন্দুতে স্থানান্তরিত হলো।

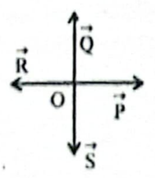
◂ *অধ্যায় ২ ও ৪ এর সমন্বয়ে*

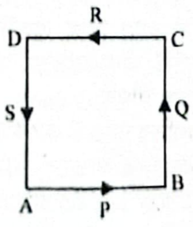
- ক. বিসদৃশ ভেক্টর কী? ১
- খ. চারটি ভেক্টরের লব্ধি কখন শূন্য হবে– চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. উদ্দীপকের কণাটির সরণ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বলটি কেন্দ্রমুখী বল ছিল কিনা– গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমজাতীয় দুটি ভেক্টর যদি বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে তবে তাদেরকে বিসদৃশ ভেক্টর বলে।

খ যদি প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় ভেক্টরের লব্ধি চতুর্থ ভেক্টরের সমান ও বিপরীতমুখী হয়, তখন চারটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হবে।





চিত্রে O বিন্দুতে ক্রিয়াশীল $\vec{P}$, $\vec{Q}$, $\vec{R}$ ও $\vec{S}$ চারটি একই মানের ভেক্টরকে ABCD চতুর্ভুজের চারটি বাহু দ্বারা একইক্রমে মানে ও দিকে প্রকাশ করা হয়েছে। যেখানে, $\vec{AB}=\vec{P}$, $\vec{BC}=\vec{Q}$, $\vec{CD}=\vec{R}$, $\vec{DA}=\vec{S}$

এখন, $\vec{P}+\vec{Q}+\vec{R}=\vec{AB}+\vec{BC}+\vec{CD}=\vec{AD}=-\vec{DA}=-\vec{S}$

বা, $\vec{P}+\vec{Q}+\vec{R}+\vec{S}=0$

সুতরাং, এক্ষেত্রে চারটি ভেক্টরের লব্ধিশূন্য।

গ

কণাটির সরণ ভেক্টর,

$\vec{r}=\vec{PQ}=\vec{OQ}-\vec{OP}$

$=\vec{r_2}-\vec{r_1}$

$=(-3\hat{i}-8\hat{j}+4\hat{k})-(-6\hat{i}+7\hat{j}-\hat{k})$

$=3\hat{i}-15\hat{j}+5\hat{k}$

এখানে, P বিন্দুর পূর্বের বিন্দুর অবস্থান ভেক্টর,
$\vec{OP}=\vec{r_1}=-6\hat{i}+7\hat{j}-$
নতুন Q বিন্দুর অবস্থা
ভেক্টর,
$\vec{OQ}=\vec{r_2}=-3\hat{i}-8\hat{j}+$

$\therefore$ কণাটির সরণ, $|\vec{r}|$

$=\sqrt{3^2+(-15)^2+5^2}$

$= 16.1$ একক **(Ans)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, কণাটি P থেকে Q বিন্দুতে স্থানান্তরিত হওয়া সরণ ভেক্টর, $\vec{r}=3\hat{i}-15\hat{j}+5\hat{k}$

উদ্দীপকে উল্লিখিত $\vec{F}$ বলটি কেন্দ্রমুখী বল হলে $\vec{F}$ বল দ্বারা কৃতকা শূন্য হতে হবে। কারণ কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

$\vec{F}$ বল দ্বারা কৃতকাজ W হলে,

$W=\vec{F}.\vec{r}$

এখানে,
বল, $\vec{F}=(-5\hat{i}-3\hat{j}-6\hat{k})$

$=(-5\hat{i}-3\hat{j}-6\hat{k}).(3\hat{i}-15\hat{j}+5\hat{k})$

$=(-5)(3)+(-3)(-15)+(-6)(5)$

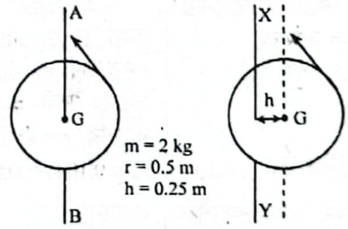
$=-15+45-30$

$=0$ J

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকে উল্লিখিত $\vec{F}$ বলটি কেন্দ্রমুখী বল ছিল।

প্রশ্ন ▸ ১৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং

একটি বৃত্তাকার চাকতি এর তলের সাথে মধ্যবিন্দুগামী লম্ব অক্ষ AB সাপেক্ষে চিত্র-১ অনুযায়ী ঘুরছে। আবার চিত্র-২ অনুযায়ী চাকতিটি সাথে লম্বভাবে স্থাপিত XY অক্ষের সাপেক্ষে ঘুরছে।



- ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে?
- খ. বৃত্তাকার পথে বাঁক পার হওয়ার সময় একজন সাইকেল আরোহী হেলে যায় কেন?
- গ. ১ম চিত্রে চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো।
- ঘ. কোন অক্ষের সাপেক্ষে ঘুরানো সহজ হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট সরলরেখা থেকে কোনো দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণা লম্ব দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে সরলরেখার সাপেক্ষে ঐ বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলে।

খ বৃত্তাকার পথে বাঁক পার হওয়ার সময় একজন সাইকেল আরো হেলে যায় যেনো সে প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দিতে পারে কাত হয়ে বা হেলে চলার সময় সাইকেলের ভূমির প্রতিক্রিয়া বল এ দুইটি উপাংশ পাওয়া যায়, যার উল্লম্ব উপাংশ ওজনের বিপরীতে কা করে এবং অনুভূমিক উপাংশ কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। এ কোণের মান যত বেশি হবে, অনুভূমিক উপাংশ এর মান তত বেশি হ এবং সাইকেল আরোহী তত বেশি বেগে পার হতে পারবে, যা সাই আরোহী এর জন্য বাঁক নেওয়ার ক্ষেত্রে সুবিধা দেয়।

গ ১ম চিত্রে AB অক্ষের সাপেক্ষে চাকতির জড়তার ভ্রামক I হলে,

$I = \frac{1}{2}mr^2$

$= \frac{1}{2} \times 2 \times (0.5)^2$

$= 0.25\ kgm^2$

এখানে,
চাকতির ভর, $m = 2\ kg$
চাকতির ব্যাসার্ধ, $r = 0.5\ m$

চক্রগতির ব্যাসার্ধ K হলে,

$I = mK^2$

বা, $K = \sqrt{\frac{I}{m}} = \sqrt{\frac{0.25}{2}}$

$= 0.3536\ m$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, ১ম চিত্রে ভরকেন্দ্রগামী AB অক্ষের সাপেক্ষে চাকতির জড়তার ভ্রামক, $I_{AB} = 0.25\ kgm^2$।
২য় চিত্রে, XY অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক I_{XY} হলে,
সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য অনুযায়ী,

$I_{XY} = I_G + mh^2$

$= 0.25 + 2 \times (0.25)^2$

$= 0.375\ kgm^2$

দেখা যাচ্ছে, $I_{XY} > I_{AB}$

এখানে,
$I_G = I_{AB} = 0.25\ kgm^2$
ভর, $m = 2\ kg$
দূরত্ব, $h = 0.25\ m$

আমরা জানি, জড়তার ভ্রামকের মান যত কম হয়, অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুকে ঘোরানো তত সহজ হয়। তাই বলা যায়, চিত্র-১ এ AB অক্ষের সাপেক্ষে চাকতিকে ঘোরানো সহজ হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৮

একটি কণার উপর $\vec{F} = (-5\hat{i} - 3\hat{j} - 6\hat{k})$ N বল প্রয়োগ করায় কণাটি P (– 6, 7, – 1) বিন্দু থেকে Q (– 3, – 8, 4) বিন্দুতে স্থানান্তরিত হলো।

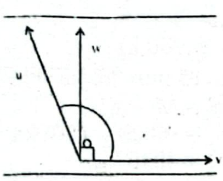
◀ অধ্যায় ২ ও ৪ এর সমন্বয়ে

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. স্রোতের সাথে আড়াআড়িভাবে নদী পাড়ি দিতে নৌকা কীভাবে চালাতে হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের কণাটির সরণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. এখানে উল্লিখিত বলটি কেন্দ্রমুখী বল ছিল কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ ধরি, নদীতে স্রোতের বেগ v ও নৌকার বেগ u। স্রোতের সাথে আড়াআড়িভাবে নদী পাড়ি দিতে বা সোজা অপর প্রান্তে যেতে হলে, নৌকাকে স্রোতের সাথে α কোণে চালাতে হবে। এক্ষেত্রে, লব্ধি বেগ w ও v এর মধ্যবর্তী কোণ θ = 90°



এখন, $\tan\theta \frac{u\sin\alpha}{v + u\cos\alpha}$

বা, $\tan 90° = \frac{u\sin\alpha}{v + u\cos\alpha}$

$\therefore v + u\cos\alpha = 0$

বা, $\cos\alpha = -\frac{v}{u}$

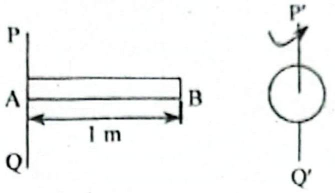
$\therefore \alpha = \cos^{-1}\left(-\frac{v}{u}\right)$

সুতরাং, নৌকাকে স্রোতের সাথে $\alpha = \cos^{-1}\left(-\frac{v}{u}\right)$ কোণে চালালে নৌকাটি আড়াআড়িভাবে নদী পাড়ি দিতে পারবে।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ১৫ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৩



0.5 kg ভরের AB দণ্ডটি PQ অক্ষ সাপেক্ষে প্রতি মিনিটে 60 বার ঘোরানো হলো। পরবর্তীতে দণ্ডটিকে এর দৈর্ঘ্যের সমান ব্যাসের একটি পাতলা চাকতিতে পরিণত করে P′Q′ অক্ষ সাপেক্ষে মিনিটে 70 বার ঘোরানো হলো।

ক. এক নিউটন বল কী? ১
খ. ব্যাংকিং কোণের মান বাড়ালে রাস্তার বাঁকে গাড়ি চালানোর গতিসীমা বাড়ে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চাকতির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কোন ক্ষেত্রে ঘূর্ণনের জন্য কম শক্তির প্রয়োজন হবে— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে পরিমাণ বল 1 kg ভরের কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে 1 ms^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করে তাই এক নিউটন বল।

খ আমরা জানি, গাড়ির গতিবেগ v, বাঁকের ব্যাসার্ধ r, অভিকর্ষজ ত্বরণ g এবং ব্যাংকিং কোণ θ হলে, $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$। অতএব, বাঁকের ব্যাসার্ধ r এবং g এর মান অপরিবর্তনীয় থাকলে, $v^2 \propto \tan\theta$ বা, $v \propto \sqrt{\tan\theta}$ হবে। অর্থাৎ গাড়ির বেগ এবং ব্যাংকিং কোণের মধ্যে এই বর্গমূলের সমানুপাতিক সম্পর্কের জন্যই ব্যাংকিং কোণ বাড়লে রাস্তার বাঁকে গাড়ি চালানোর গতিসীমা বাড়ে।

গ আমরা জানি,

$L = I\omega$

$= \frac{mr^2}{2} \times \omega$

$= \frac{0.5 \times (0.5)^2}{2} \times \frac{7\pi}{3}$

$= 0.45815\ kgm^2s^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
চাকতিটির ভর, $m = 0.5\ kg$
ব্যাসার্ধ, $r = \frac{1}{2}\ m = 0.5\ m$
সময়, $t = 1\ min = 60\ s$
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 70$
কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 70}{60}$
$= \frac{7\pi}{3}\ rads^{-1}$
কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, AB দণ্ডটিকে PQ অক্ষ যা (AB দণ্ডের এক প্রান্তে অবস্থিত) এর সাপেক্ষে ঘোরানো হচ্ছে। PQ অক্ষের সাপেক্ষে AB দণ্ডের জড়তার ভ্রামক,

$I_{PQ} = \frac{1}{3}Ml^2$

$= \frac{1}{3} \times 0.5 \times 1^2$

$= 0.167\ kgm^2$

এখানে,
AB দণ্ডের ভর, $M = 0.5\ kg$
AB দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l = 1\ m$
কৌণিক বেগ, $\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{t}$
$= \frac{2\pi \times 60}{60}$
$= 2\pi\ rads^{-1}$

AB দণ্ডটির ঘূর্ণন গতিশক্তি K_1 হলে,

$K_1 = \frac{1}{2}I_{PQ}\,\omega_1^2 = \frac{1}{2} \times 0.167 \times (2\pi)^2 = 3.29\ J$

AB দণ্ডটিকে এর দৈর্ঘ্যের সমান ব্যাসের পাতলা চাকতিতে পরিণত করলে,
চাকতির ভর, $m = 0.5\ kg$
চাকতির ব্যাসার্ধ, $r = \frac{l}{2} = \frac{1}{2}\ m = 0.5\ m$
চাকতিটিকে এর ভারকেন্দ্রগামী P′Q′ অক্ষের সাপেক্ষে ঘোরানো হলে,

$I_{P'Q'} = \frac{1}{2}mr^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times (0.5)^2 = 0.0625\ kgm^2$

চাকতিটির ঘূর্ণন গতিশক্তি K_2 হলে,

$$K_2 = \frac{1}{2} I_{PQ} \times \omega_2^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 0.0625 \times \left(\frac{7\pi}{3}\right)^2$$
$$= 1.68 \text{ J}$$

এখানে,
চাকতিটির কৌণিক বেগ,
$$\omega_2 = \frac{2\pi n_2}{t} = \frac{2\pi \times 70}{60} = \frac{7\pi}{3} \text{ rads}^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে, $K_2 < K_1$

সুতরাং বলা যায়, ২য় ক্ষেত্রে অর্থাৎ, চাকতিটিকে ঘোরানোর ক্ষেত্রে কম শক্তির প্রয়োজন হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ২

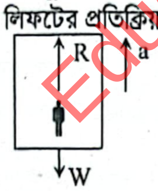
500 kg ভরের একটি গাড়ি 3900 J গতিশক্তি নিয়ে রাস্তায় চলছিল। হঠাৎ গাড়িটি 120 m ব্যাসার্ধের একটি বাঁকের সম্মুখীন হলো। রাস্তায় কোনো ব্যাংকিং ছিল না। রাস্তা ও গাড়ির চাকার ঘর্ষণ গুণাঙ্ক 0.2।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. একজন আরোহী লিফটে উপরে উঠার সময় নিজেকে ভারী মনে করে, ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রাস্তার বাঁকে গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল কেন্দ্রবিমুখী ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সর্বোচ্চ বেগ নিয়ে বাঁক অতিক্রম করতে হলে চালককে তার গাড়ির বেগ কী পরিমাণ পরিবর্তন করতে হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে ঐ বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ আরোহী লিফটে উঠার সময় ওজনের চেয়ে বেশি প্রতিক্রিয়া বল অনুভব করায় নিজেকে ভারী অনুভব করে। কোনো লিফট যদি a ত্বরণে উপরের দিকে উঠে তাহলে লিফটের প্রতিক্রিয়া বল R হলে,



$\sum F = ma$ বা, $R - W = ma$ বা, $R = W + ma$

বা, $R = mg + ma$। দেখা যাচ্ছে, $R > mg$। অর্থাৎ আরোহী লিফটে ওঠার সময় নিজের ওজনের চেয়ে বেশি প্রতিক্রিয়া বল অনুভব করে। তাই একজন আরোহী লিফটে উপরে উঠার সময় নিজেকে ভারী মনে করে।

গ

কেন্দ্রবিমুখী ত্বরণ,
$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{(3.95)^2}{120} = 0.13 \text{ ms}^{-2} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
গাড়ির ভর, $m = 500$ kg
গাড়ির গতিশক্তি, $E_K = 3900$ J
গাড়ির বেগ, $v = \sqrt{\frac{2E_K}{m}}$
$[\because E_k = \frac{1}{2}mv^2]$
$$= \sqrt{\frac{2 \times 3900}{500}} = 3.95 \text{ ms}^{-1}$$
ব্যাসার্ধ, $r = 120$ m

ঘ 'গ' থেকে পাই, গাড়ির বেগ, $v = 3.95 \text{ ms}^{-1}$

যদি রাস্তায় কোন ব্যাংকিং না থাকে, তাহলে বাঁক ঘোরার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল রাস্তার ঘর্ষণ বল যোগান দিবে।

ধরি, গাড়িটি সর্বোচ্চ v_1 বেগে বাঁক অতিক্রম করতে পারে।

কেন্দ্রমুখী বল F_c ও ঘর্ষণ বল F_s হলে,

$$F_c = F_s$$
$$\text{বা, } \frac{mv_1^2}{r} = \mu_s R$$
$$\text{বা, } \frac{mv_1^2}{r} = \mu_s mg$$
$$\text{বা, } v_1^2 = \mu_s rg$$
$$\text{বা, } v_1 = \sqrt{\mu_s rg}$$
$$\text{বা, } v_1 = \sqrt{0.2 \times 120 \times 9.8}$$
$$\therefore v_1 = 15.34 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_s = 0.2$
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 120$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
গাড়ির ভর, $m = 500$ kg
প্রতিক্রিয়া বল, $R = mg$

চালককে গাড়ির বেগ বাড়াতে হবে

$= v_1 - v = (15.34 - 3.95) \text{ ms}^{-1} = 11.39 \text{ ms}^{-1}$

$\therefore$ সর্বোচ্চ বেগ নিয়ে বাঁক অতিক্রম করতে হলে চালককে তার গাড়ির বেগ 11.39 ms^{-1} বাড়াতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৭ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং

5000 kg ভরের একটি বালুভর্তি ট্রাক ঘণ্টায় 72 km বেগে চলছে। ট্র হতে প্রতি সেকেন্ডে 200 gm বালু ছিদ্র পথে পড়ে যাচ্ছে। ব্রেক চেপে 2 min পরে ট্রাকটিতে 20 m দূরত্বে থামানো হলো।

ক. টর্ক কাকে বলে? ১
খ. বালুর মধ্যদিয়ে গাড়ি চালাতে সমস্যা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. যাত্রা শুরুর 15 min পরে ট্রাকের বেগের মান বের করো। ৩
ঘ. ট্রাকটিকে থামানোর জন্য প্রয়োজনীয় বলের মান হিসাব করা সম্ভব— বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ বালুর মধ্যদিয়ে গাড়ি চালানোর সময় প্রয়োজনীয় প্রতিক্রিয়া ব পাওয়া যায় না বলে, বালুর মধ্য দিয়ে গাড়ি চালাতে সমস্যা হয়। নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রানুসারে, প্রত্যেক ক্রিয়ার একটি সমান বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে। এই প্রতিক্রিয়া বলের সাহায্যে মানুষ পায়ে হাঁটে, রাস্তায় গাড়ি চলে। রাস্তা থেকে যথেষ্ট প্রতিক্রিয়া বল পেলে গাড়ি সহজে চলতে পারে। এর জন্য শক্ত মাটিতে গাড়ি চললেও বালুর মধ্যদিয়ে গা সহজে চলতে পারে না। কারণ বালুর উপর ঠিকভাবে বল প্রয়োগ করা য না, বালু সরে যায়। তাই প্রতিক্রিয়া বলটাও ঠিকভাবে পাওয়া যায় ন এজন্য বালুর মধ্যদিয়ে গাড়ি চালাতে সমস্যা হয়।

গ প্রতি সেকেন্ডে 200 gm বা 0.2 kg বালু ছিদ্র পথে পড়ে গেলে 1 min এ পড়ে যাওয়া বালুর পরিমাণ

$$m = 900 \times 0.2 = 180 \text{ kg}$$

$\therefore$ 15 min পর ট্রাকের ভর

$$m' = M - m = (5000 - 180) \text{ kg} = 4820 \text{ kg}$$

এখানে,
সময়, $t = 15$ min $= (15 \times 60)$ s $= 900$ s
পূর্বে ট্রাকের ভর, $M = 5000$ kg
পূর্বে গাড়ির বেগ,
$$v = 72 \text{ kmhr}^{-1} = \frac{72 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1} = 20 \text{ ms}^{-1}$$

15 min পর ট্রাকের বেগ v′ হলে, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে,

$$Mv = m'v'$$
$$\text{বা, } v' = \frac{Mv}{m'} = \frac{5000 \times 20}{4820}$$
$$\therefore v' = 20.75 \text{ ms}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ ট্রাক হতে প্রতি সেকেন্ডে 200 gm বা 0.2 kg বালু ছিদ্র পথে প গেলে 20 min-এ পড়ে যাওয়া বালুর পরিমাণ,

$$m' = 1200 \times 0.2 = 240 \text{ kg}$$

এখানে,
সময়, $t = 20$ min $= (20 \times 60)$ s $= 1200$ s
ট্রাকের পূর্বের ভর, $M = 5000$ kg

$\therefore$ 20 min পর ট্রাকের ভর,

$m = M - m' = 5000 - 240 = 4760$ kg

'গ' হতে পাই, ট্রাকের আদিবেগ, $u = 20 \text{ ms}^{-1}$

20 min পরে ট্রাকের বেগ v_1 হলে ভরবেগের সংরক্ষণশীল সূত্র হতে আমরা পাই, $mv_1 = Mu$

বা, $v_1 = \frac{Mu}{m} = \frac{5000 \times 20}{4760} = 21.0084\ ms^{-1}$

ট্রাকটিকে 20 min পরে থামানোর জন্য প্রয়োজনীয় মন্দন a হলে,

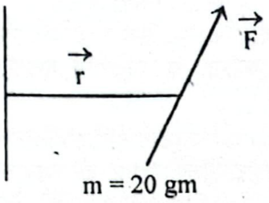
$v^2 = v_1^2 - 2as$
বা, $0^2 = v_1^2 - 2as$
বা, $a = \frac{v_1^2}{2s} = \frac{(21.0084)^2}{2 \times 20}$
$\therefore a = 11.0338\ ms^{-2}$

এখানে,
ট্রাকের আদিবেগ,
$v_1 = 21.0084\ ms^{-1}$
সরণ, $s = 20\ m$

সুতরাং, ট্রাকটিকে থামানোর জন্য প্রয়োজনীয় ব্রেকিং বল,
$F = ma = 4760 \times 11.0338 = 52520.888\ N$

সুতরাং বলা যায়, ট্রাকটিকে থামানোর জন্য প্রয়োজনীয় বলের মান হিসাব করা সম্ভব এবং বলের মান 52520.89 N।

প্রশ্ন ▸ ১৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ৩



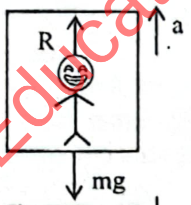
ঘূর্ণনরত বস্তুর ব্যাসার্ধ ভেক্টর $\vec{r} = (2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})\ m$ এবং বল, $\vec{F} = (\hat{i} + 4\hat{j} - 3\hat{k})\ N$ বস্তুটি শুরুতে 200 rpm এ ঘুরতে ছিল। অতপর উক্ত বল 3 s ব্যাপি প্রয়োগ করা হল।

ক. সংঘর্ষ কাকে বলে? ১
খ. গতিশীল লিফটে বস্তুর কার্যকর ওজনের তারতাম্য ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্কের মান বের করো। ৩
ঘ. বল প্রয়োগের পূর্বের ও পরের পর্যায়কালের তুলনা করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

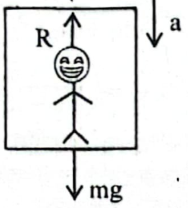
ক দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে যদি অল্প সময়ের জন্য বৃহৎ কোনো বল ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে কাজ করে তবে তাকে সংঘর্ষ বলে।

খ নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, কোনো বস্তুর ওজন নির্ধারিত হয় মেঝে থেকে প্রাপ্ত প্রতিক্রিয়া বল দ্বারা। এই প্রতিক্রিয়া বলের মান কম বেশি হলে লিফটে বস্তুর ওজনের তারতম্য হয়।



(i) লিফট যখন a ত্বরণে ওপরে উঠে : এক্ষেত্রে, লিফটের ত্বরণ a প্রতিক্রিয়া বল R হলে,

$R - mg = ma$ বা, $R = mg + ma$ $\therefore$ বস্তুর কার্যকর ওজন $W' = mg + ma$ এখানে $W' > mg$, তাই আরোহী নিজেকে ভারী মনে করবে।



(ii) লিফট যখন a ত্বরণে নিচে নামে : এক্ষেত্রে, প্রতিক্রিয়া বল R হলে, $mg - R = ma$ বা, $R = mg - ma$

$\therefore$ বস্তুর কার্যকর ওজন, $W' = mg - ma$ এখানে, $W' < mg$

তাই আরোহী নিজেকে হালকা মনে করবে।

গ

আমরা জানি, টর্ক,

$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

$= (2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}) \times (\hat{i} + 4\hat{j} - 3\hat{k})$

$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 2 & -1 \\ 1 & 4 & -3 \end{vmatrix}$

$= \hat{i}(-6 + 4) - \hat{j}(-6 + 1) + \hat{k}(8 - 2)$

$= -2\hat{i} + 5\hat{j} + 6\hat{k}$

এখানে,
ব্যাসার্ধ ভেক্টর,
$\vec{r} = (2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})m$
বল, $\vec{F} = (\hat{i} + 4\hat{j} - 3\hat{k})\ N$

$\therefore$ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্কের মান, $|\vec{\tau}| = \sqrt{(-2)^2 + 5^2 + 6^2}$
$= 8.06\ Nm$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক, $\tau = 8.06\ Nm$ বস্তুটির পূর্বের কৌণিক বেগ ω_1 হলে,

$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{t} = \frac{2\pi \times 200}{60} = 20.944\ rads^{-1}$

$\therefore$ বস্তুটির পূর্বের পর্যায়কাল $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{20.944} = 0.3\ s$

ঘূর্ণনরত বস্তুটির জড়তার ভ্রামক,
$I = mr^2$
$= 0.02 \times 3^2$
$= 0.18\ kgm^2$
টর্ক প্রয়োগের ফলে কৌণিক ত্বরণ α হলে,
$\tau = I\alpha$

এখানে,
ব্যাসার্ধ ভেক্টর,
$\vec{r} = (2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})m$
বল, $\vec{F} = (\hat{i} + 4\hat{j} - 3\hat{k})\ N$

বা, $\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{8.06}{0.18} = 44.778\ rads^{-2}$

3s পর কৌণিক বেগ ω_2 হলে,
$\omega_2 = \omega_1 + \alpha t = 20.944 + 44.778 \times 3 = 155.277\ rads^{-1}$

$\therefore$ বস্তুটির পরের পর্যায়কাল, $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = \frac{2\pi}{155.277} = 0.0405\ s$

দেখা যাচ্ছে, $T_1 > T_2$ এবং $\frac{T_1}{T_2} = \frac{0.3}{0.0405} = 7.41$
$\therefore T_1 = 7.41\ T_2$

সুতরাং বলা যায়, বল প্রয়োগের পূর্বের পর্যায়কাল, বল প্রয়োগের পরের পর্যায়কালের 7.41 গুণ।

প্রশ্ন ▸ ১৯ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ২

2 kg এবং 3 kg ভরের দুটি বস্তু যথাক্রমে 8.8 ms^{-1} এবং 1.2 ms^{-1} বেগে বিপরীত দিক হতে এসে সংঘর্ষের পর বস্তু দুটি একত্রে মিলিত হয়ে নির্দিষ্ট দিকে চলতে লাগল।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 50% বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সংযুক্ত বস্তু দুটির চূড়ান্ত বেগ কত? ৩
ঘ. উক্ত সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে ঐ বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ কোনো ইঞ্জিনে প্রদত্ত শক্তির যত অংশ কাজে রূপান্তর করতে পারে, তাকে ঐ ইঞ্জিনের দক্ষতা বা কর্মদক্ষতা বলে। একটি ইঞ্জিনের দক্ষতা 50% বলতে আমরা বুঝি, যদি এই ইঞ্জিনে 100 J শক্তি দেয়া হয় তাহলে সেই ইঞ্জিন থেকে প্রাপ্ত মোট কার্যকর শক্তি হবে 50 J।

গ ধরি, 2 kg ভরের বস্তুর বেগের দিক ধনাত্মক।

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে,
$m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)\ v$
বা, $2 \times 8.8 + 3 \times (-1.2) = (2 + 3)\ v$
বা, $14 = 5v$
$\therefore v = 2.8\ ms^{-1}$

এখানে, ১ম বস্তুর ক্ষেত্রে,
ভর, $m_1 = 2\ kg$
আদিবেগ, $u_1 = 8.8\ ms^{-1}$
২য় বস্তুর ক্ষেত্রে,
ভর, $m_2 = 3\ kg$
আদিবেগ, $u_2 = -1.2\ ms^{-1}$
মিলিত বেগ, $v = ?$

দেখা যাচ্ছে মিলিত বেগ v ধনাত্মক। সুতরাং, সংযুক্ত বস্তু দুটি 2.8 ms^{-1} বেগে 2 kg ভরের বস্তু যেদিকে যাচ্ছিল সেদিকে যাবে। **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, সংঘর্ষের পরে বস্তুদ্বয়ের গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকলে সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক হবে। আর, গতিশক্তি সংরক্ষিত না থাকলে সংঘর্ষ অস্থিতিস্থাপক হয়।

সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের মোট গতিশক্তি,

$$E_{k_1} = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 2 \times (8.8)^2 + \frac{1}{2} \times 3 \times (-1.2)^2$$
$$= 79.6 \text{ J}$$

এখানে,
১ম বস্তুর ক্ষেত্রে,
ভর, $m_1 = 2 \text{ kg}$
আদিবেগ, $u_1 = 8.8 \text{ ms}^{-1}$
২য় বস্তুর ক্ষেত্রে,
ভর, $m_2 = 3 \text{ kg}$
আদিবেগ, $u_2 = -1.2 \text{ ms}^{-1}$
'গ' থেকে পাই, সংঘর্ষের পরে বস্তুদ্বয়ের মিলিত বেগ,
$v = 2.8 \text{ ms}^{-1}$

সংঘর্ষের পরে মিলিত বস্তুদ্বয়ের মোট গতিশক্তি,

$$E_{k_2} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\, v^2$$
$$= \frac{1}{2}(2+3) \times (2.8)^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 5 \times (2.8)^2 = 19.6 \text{ J}$$

দেখা যাচ্ছে, $E_{k_1} \neq E_{k_2}$

∴ যেহেতু উক্ত সংঘর্ষে গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে না, তাই বলা যায় উক্ত সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶২০ **যশোর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ২**

একটি ইলেকট্রন একটি প্রোটনের চারপার্শ্বে 5.2×10^{-10} m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে $6.977 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$ বেগে আবর্তন করছে। ইলেকট্রনের ভর 9.1×10^{-31} kg।

ক. টর্ক কী? ১
খ. "একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণায়মান কোনো দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামক সংখ্যাগতভাবে এর কৌণিক ভরবেগের মান।"—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের আলোকে ইলেকট্রনটির কৌণিক ভরবেগ কত? ৩
ঘ. "উদ্দীপকের ইলেকট্রনটি কক্ষপথে নিরাপদে ঘুরছে।" —উক্তিটি সঠিক কিনা তা যাচাই করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় অথবা কোনো ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ আমরা জানি, ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে বস্তুর জড়তার ভ্রামক I ও কৌণিক বেগ ω হলে, কৌণিক ভরবেগ, $L = I\omega$। কৌণিক বেগের মান একক হলে বা $\omega = 1$ হলে, $L = I$ হয়। অর্থাৎ, একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামক সংখ্যাগতভাবে এর কৌণিক ভরবেগের সমান।

গ ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ,

$$L = mvr$$
$$= 9.1 \times 10^{-31} \times 6.977 \times 10^5 \times 5.2 \times 10^{-10}$$
$$= 3.3 \times 10^{-34} \text{ kgm}^2\text{s}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
বেগ, $v = 6.977 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$
ব্যাসার্ধ, $r = 5.2 \times 10^{-10}$ m

ঘ উদ্দীপকের ইলেকট্রনটি কক্ষপথে নিরাপদে তখনই ঘুরবে যখন তার ঘোরার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল, ইলেকট্রন ও প্রোটনের মধ্যকার তড়িৎ বলের সমান হয়।

ইলেকট্রনের কক্ষপথে ঘোরার জন্য কেন্দ্রমুখী বল,

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$
$$= \frac{9.1 \times 10^{-31} \times (6.977 \times 10^5)^2}{5.2 \times 10^{-10}}$$
$$= 8.52 \times 10^{-10} \text{ N}$$

এখানে,
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 5.2 \times 10^{-10}$m
বেগ, $v = 6.977 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$
ইলেকট্রন ও প্রোটনের চার্জ,
$q = 1.6 \times 10^{-19}$C
কুলম্ব ধ্রুবক,
$C = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

ইলেকট্রন ও প্রোটনের মধ্যকার তড়িৎ বল F_e হলে,

$$F_e = C\frac{q.q}{r^2} = C\frac{q^2}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.2 \times 10^{-10})^2} = 8.52 \times 10^{-10} \text{ N}$$

দেখা যাচ্ছে, $F_c = F_e$।

সুতরাং বলা যায়, "উদ্দীপকের ইলেকট্রনটি কক্ষপথে নিরাপদে ঘুর —উক্তিটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶২১ **বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ▌প্র**

3 ms^{-1} বেগে 2 kg ভরের একটি বস্তু 0.5 kg ভরের অন্য একটি বস্তুর সঙ্গে সোজাসুজি স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে লিপ্ত হয়।

ক. নিশ্চল কোণ কী?
খ. রৈখিক ভর বেগের নিত্যতার নীতিতে দিকের গুরুত্ব আ না? আলোচনা করো।
গ. সংঘর্ষের পর স্থির বস্তুর শেষ বেগ কত? নির্ণয় করো।
ঘ. উদ্দীপকের গতিশীল বস্তুর ভর স্থির বস্তুর ভরের তু অনেক বেশি হলে সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয়ের পরিণতি কী গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অনুভূমিক এর সাথে আনত তল এর যে কোণ এর জন্য তলের উপরে স্থির কোনো বস্তু গতিশীল হওয়ার উপক্রম হয়, স্থিতি বা নিশ্চল কোণ।

খ হ্যাঁ, রৈখিক ভরবেগের নিত্যতার নীতিতে দিকের গুরুত্ব আছে। রৈখিক ভরবেগের নিত্যতার নীতিটি হলো: দুটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া ও প্র ছাড়া অন্য কোনো বল না থাকলে কোনো নির্দিষ্ট দিকে সংঘর্ষের পরে বস্তুদ্বয়ের মোট ভরবেগ সংরক্ষিত থাকবে। অর্থাৎ, $\vec{P_1} + \vec{P_2} =$ ধ্রুব

এখন, ভরবেগ ভেক্টর রাশি হওয়ায় ভরবেগের নিত্যতার নীতিতে বিশেষ গুরুত্ব রয়েছে। সংঘর্ষ যদি একমাত্রিক বা দ্বিমাত্রিক হয়, ত একটি নির্দিষ্ট দিকে (যেমন: আনুভূমিক বা উলম্ব বরাবর) বস্তু মোট ভরবেগ সংরক্ষিত থাকবে।

গ উদ্দীপকের সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ। সংঘর্ষের পর বস্তুর শেষবেগ v_2 হলে,

$$v_2 = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)u_2 + \frac{2\, m_1\, u_1}{m_1 + m_2}$$
$$= \left(\frac{0.5 - 2}{2 + 0.5}\right) \times 0 + \frac{2 \times 2 \times 3}{2 + 0.5}$$
$$= 0 + \frac{12}{2.5}$$
$$= 4.8 \text{ ms}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
১ম বস্তুর ক্ষেত্রে,
ভর, $m_1 = 2$ kg
আদিবেগ, $u_1 = 3 \text{ ms}^{-1}$
২য় বস্তুর ক্ষেত্রে,
ভর, $m_2 = 0.5$ kg
আদিবেগ, $u_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$

ঘ আমরা জানি, স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে, সংঘর্ষের বস্তুদ্বয়ের শেষ বেগ v_1 ও v_2 হলে,

$$v_1 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)u_1 + \frac{2m_2u_2}{m_1 + m_2}$$

এবং $$v_2 = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)u_2 + \frac{2m_1u_1}{m_1 + m_2}$$

উদ্দীপকের গতিশীল বস্তুর ভর (m_1) স্থির বস্তুর ভরের (m_2) অনেক বেশি হলে, অর্থাৎ $m_1 >> m_2$ হলে,

এক্ষেত্রে লেখা যায়,

$m_1 + m_2 \approx m_1$ এবং $m_1 - m_2 \approx m_1$ ও $m_2 - m_1 \approx -m_1$

এখন,

$$v_1 = \left(\frac{m_1}{m_1}\right)u_1 + \frac{2m_2u_2}{m_1}$$

এখানে,
গতিশীল বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = 3$
স্থির বস্তুর আদি বেগ, $u_2 = 0$

বা, $v_1 = u_1 + 2 \times \frac{m_2}{m_1} \times 0$

∴ $v_1 = u_1$

এবং $$v_2 = \left(\frac{-m_1}{m_1}\right)u_2 + \frac{2m_1u_1}{m_1}$$

বা, $v_2 = (-1) \times 0 + 2\,u_1$

∴ $v_2 = 2u_1$

সুতরাং বলা যায়, এক্ষেত্রে সংঘর্ষের পর গতিশীল ভারী বস্তু প্রায় অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু স্থির হালকা বস্তুটি ভারী বস্তুর প্র বেগে গতিশীল হয়ে ছুটে যায়।

প্রশ্ন ▸ ২২ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৩

2 m প্রশস্ত এবং 200 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি ব্যাংকিং যুক্ত বাঁকা পথে একটি গাড়ি 50.4 kmh^{-1} বেগে চলে নিরাপদে বাঁক নিতে পারে। [$g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$ এবং রাস্তার ঘর্ষণ গুণাঙ্ক $\mu = 0.5$]

ক. ল্যাপ্লাসিয়ান অপারেটর কাকে বলে? ১

খ. দুইয়ের অধিক ভেক্টরের লব্ধি সামান্তরিকের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায় কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রাস্তার ব্যাংকিং উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের রাস্তাটি ব্যাংকিংহীন হলে তখন গাড়িটি নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে কি না? গাণিতিকভাবে যাচাই করে তোমার মতামত দাও। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ভেক্টর ডিফারেনশিয়াল অপারেটর $\vec{\nabla} = \frac{\delta}{\delta x}\hat{i} + \frac{\delta}{\delta y}\hat{j} + \frac{\delta}{\delta z}\hat{k}$ এর নিজের সাথে ডট গুণনের মাধ্যমে যে নতুন অপারেটর পাওয়া যায়, $\left(\vec{\nabla}\cdot\vec{\nabla} = \nabla^2 = \frac{\delta^2}{\delta x^2} + \frac{\delta^2}{\delta y^2} + \frac{\delta^2}{\delta z^2}\right)$, তাকে ল্যাপ্লাসিয়ান অপারেটর বলে।

খ দুইয়ের অধিক ভেক্টরের লব্ধি সামান্তরিক সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। আমরা জানি, ভেক্টর যোগের সামান্তরিক সূত্রানুসারে, কোনো সামান্তরিকের একই কৌণিক বিন্দু থেকে অঙ্কিত দুটি সন্নিহিত বাহু দ্বারা যেকোনো দুটি ভেক্টরকে মানে ও দিকে প্রকাশ করা হলে, ঐ বিন্দু হতে অঙ্কিত সামান্তরিকের কর্ণই ভেক্টরদ্বয়ের লব্ধির মান ও দিক নির্দেশ করবে। এভাবে প্রাপ্ত যেকোনো দুটি ভেক্টরের লব্ধির সঙ্গে অন্য যেকোনো ভেক্টরের মান ও দিক ঠিক রেখে লব্ধি সামান্তরিক সূত্র প্রয়োগ করে নির্ণয় করা যায়।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.2 m।

ঘ রাস্তাটি ব্যাংকিংহীন হলে গাড়ির চাকা ও রাস্তার মধ্যে ঘর্ষণ বল বাঁক নেয়ার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সরবরাহ করে।

এখন, কেন্দ্রমুখী বল, $F_c = \frac{mv^2}{r}$ ও ঘর্ষণ বল, $F_s = \mu_s R = \mu_s mg$

নিরাপদে বাঁক নেওয়ার ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ বেগ v_1 হলে,

$F_c = F_s$

বা, $\frac{mv_1^2}{r} = \mu_s mg$

বা, $v_1^2 = \mu_s rg$

বা, $v_1 = \sqrt{\mu_s rg}$

বা, $v_1 = \sqrt{0.5 \times 200 \times 9.8}$

$\therefore v_1 = 31.3\ \text{ms}^{-1}$

এখানে,
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200\ \text{m}$
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_s = 0.5$
$g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
গাড়ির বেগ, $v = 50.4\ \text{km hr}^{-1}$
$= \frac{50.4 \times 1000}{3600}\ \text{ms}^{-1}$
$= 14\ \text{ms}^{-1}$

দেখা যাচ্ছে, গাড়ির বেগ < নিরাপদে বাঁক নেয়ার ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ বেগ। সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের রাস্তাটি ব্যাংকিংহীন হলে, তখন গাড়িটি একই বেগে চললে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ২৩ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ২

1000 kg ভরের একটি বাস 75000 J গতিশক্তি নিয়ে চলার সময় 100 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি বাঁকের সম্মুখীন হলো। রাস্তার প্রস্থ 10 m এবং রাস্তার প্রান্তদ্বয়ের মধ্যবর্তী উচ্চতার ব্যবধান 0.2 m।

ক. বলের ঘাত কাকে বলে? ১

খ. নরম মাটিতে লাফ দিলে আঘাত পাওয়ার সম্ভাবনা কম– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বাসটির ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গতিবেগ না কমিয়ে বাসটি নিরাপদে বাঁকটি অতিক্রম করতে পারবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল এবং সেই সময়ের গুণফলকে বলের ঘাত বলে।

খ কোনো ব্যক্তি যখন উপর থেকে শক্ত মেঝের উপর পড়ে তখন মেঝে ব্যক্তির উপর একটি প্রতিক্রিয়া বলে বিপরীতমুখী ধাক্কা দেয়। মেঝে যেহেতু শক্ত ও অনড় তাই, এই বিপরীতমুখী ধাক্কার পরিমাণ বেশি হয়। তাই আঘাত বেশি লাগে। অন্যদিকে ব্যক্তি যখন একই উচ্চতা থেকে নরম মাটির উপর পড়ে তখন নরম মাটি ব্যক্তির উপর কম বলে বিপরীতমুখী ধাক্কার সৃষ্টি করে, কারণ নরম মাটিতে বিপরীতমুখী ধাক্কা সরাসরি বিপরীত দিকে ক্রিয়া না করে বিভিন্ন দিকে ছড়িয়ে পড়ায় এর মান ক্রিয়াশীল ধাক্কার চেয়ে কম হয়। তাই শক্ত মেঝের তুলনায় নরম মাটিতে লাফ দিলে আঘাত পাওয়ার সম্ভাবনা কম।

গ

আমরা জানি,

$E_K = \frac{p^2}{2m}$

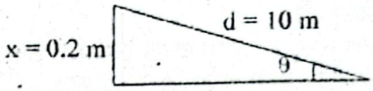
বা, $p^2 = E_K \times 2m$

বা, $p = \sqrt{2mE_K}$

$= \sqrt{2 \times 1000 \times 75000} = 12247.45\ \text{kgms}^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
বাসটির ভর, $m = 1000\ \text{kg}$
বাসটির গতিশক্তি, $E_K = 75000\ \text{J}$
বাসটির ভরবেগ, $p = ?$

ঘ



আমরা জানি,

$\sin\theta = \frac{x}{d} = \frac{0.2}{10}$

$\therefore \theta = \sin^{-1}\left(\frac{0.2}{10}\right)$

$= 1.15°$

এখানে,
রাস্তার প্রস্থ, $d = 10\ \text{m}$
উভয় পার্শ্বের উচ্চতার পার্থক্য, $x = 0.2\ \text{m}$
ব্যাংকিং কোণ, $\theta = ?$

আবার,

$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$

বা, $v^2 = \tan\theta \times rg$

বা, $v = \sqrt{\tan\theta \times rg}$

বা, $v = \sqrt{\tan(1.15°) \times 100 \times 9.8}$

$= 4.44\ \text{ms}^{-1}$

এখানে,
রাস্তায় বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 100\ \text{m}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ, $v = ?$

ধরি, বাসটির পূর্বের গতিবেগ v_1

$\therefore P = mv_1$

বা, $v_1 = \frac{P}{m}$

$= \frac{12247.45}{1000} = 12.247\ \text{ms}^{-1}$

(গ) হতে পাই,
ভরবেগ,
$P = 12247.45\ \text{kgms}^{-1}$
ভর, $m = 1000\ \text{kg}$

যা উদ্দীপকের রাস্তার সর্বোচ্চ গতিবেগ অপেক্ষা বেশি। সুতরাং বাসটি তার গতিবেগ না কমিয়ে উদ্দীপকে প্রদর্শিত রাস্তার বাঁকটি নিরাপদে অতিক্রম করতে পারবে না।

প্রশ্ন ▸ ২৪ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ২

60 kmh^{-1} গতিসম্পন্ন একটি ট্রেন 328 m ব্যাসার্ধবিশিষ্ট রেল লাইনে বাঁক নেয়ার সময় লাইনচ্যুত হয়ে বগিসহ উল্টে যায়। দুর্ঘটনাস্থলে লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 m এবং ভেতরের পাত অপেক্ষা বাহিরের পাতটির উচ্চতা ছিল 7 cm।

ক. টর্ক কী? ১

খ. কোথায় বল প্রয়োগে দরজা দ্রুত খুলবে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উক্ত স্থানে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রেল দুর্ঘটনার কারণ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাই টর্ক।

খ দরজা দ্রুত খোলা নির্ভর করে দরজায় সৃষ্ট টর্কের মানের উপর। টর্কের মান যত বেশি হবে, দরজা তত দ্রুত খুলবে।

দরজার কব্জা থেকে d লম্ব দূরত্বে F বল দরজায় লম্বভাবে প্রযুক্ত হলে, দরজায় সৃষ্ট টর্ক $\tau = dF$। বল F ধ্রুব হলে, $\tau \propto d$। অর্থাৎ বল একই থাকলে, কব্জা থেকে যত দূরে F বল প্রয়োগ করা হবে, টর্ক ততই বেশি হবে। এজন্য কব্জা থেকে দূরে দরজার অপর প্রান্তের কাছে হাতল রাখা হয় যাতে হাতলে বল প্রয়োগে দরজা দ্রুত খুলে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4°।

ঘ রেলের সর্বোচ্চ বেগ v হলে,

$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$

বা, $v^2 = \tan\theta \times rg$

বা, $v = \sqrt{rg\tan\theta}$

এখানে,
রেল লাইনের বাঁকের ব্যাসার্ধ,
$r = 328$ m
'গ' হতে পাই,
ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 4°$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

$= \sqrt{328 \times 9.8 \times \tan 4°} = 15$ m·s^{-1} $= 54$ km·h^{-1}

অর্থাৎ, এই রাস্তায় সর্বোচ্চ 54 km·h^{-1} বেগে ট্রেন নিরাপদে চালানো সম্ভব। 60 kmh^{-1} বেগে অর্থাৎ অতিরিক্ত বেগে চলার জন্য রেল দুর্ঘটনাটি ঘটে।

প্রশ্ন ▶২৫ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ২

একটি ভারি চাকার ভর 40 kg এবং জড়তার ভ্রামক 4000 kgm^2। চাকাটি প্রতি মিনিটে 100 বার ঘুরছে। রহমান সাহেব চাকাটিকে 2 মিনিটে থামানোর জন্য 300 Nm বাধাদানকারী টর্ক প্রয়োগ করলো।

ক. মহাকর্ষীয় বিভব কী? ১
খ. দরজার হাতল মাঝে না রেখে প্রান্তে রাখা হয় কেন? ২
গ. উদ্দীপকে চাকাটির ঘূর্ণন গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে রহমান সাহেব নির্দিষ্ট সময়ে চাকাটি থামাতে সক্ষম হবে কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয়, তাই ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় বিভব।

খ দরজার হাতলের অপর প্রান্তে কোনো বল প্রয়োগ করলে হাতলের প্রান্তে বিপরীতমুখী একটা বল সৃষ্টির মাধ্যমে দরজায় একটি টর্ক বা দ্বন্দ্বের সৃষ্টি হয়। আমরা জানি টর্ক, τ = Fd, এখানে ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগবিন্দুর দূরত্ব (d) বাড়লে সমপরিমাণ বল প্রয়োগে বেশি টর্ক পাওয়া সম্ভব এবং দরজাটিকে ঘুরানো সহজ হয়। এজন্য d এর মান বৃদ্ধির জন্যে দরজার হাতল বা ঘূর্ণন অক্ষ মাঝে না রেখে প্রান্তে রাখা হয়।

গ

গোলকটির কৌণিক বেগ,

$\omega = \frac{2\pi N}{t}$

$= \frac{2\pi \times 100}{60}$

$= \frac{10}{3}\pi$

এখানে,
চাকার ভর, $M = 40$ kg
চাকার জড়তার ভ্রামক,
$I = 4000$ kgm^2
সময়, $t = 1$ min $= 60$ sec
ঘূর্ণনসংখ্যা, $N = 100$
ঘূর্ণন গতিশক্তি, $E = ?$

আমরা জানি,

ঘূর্ণন গতিশক্তি, $E = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 4000 \times \left(\frac{10}{3}\pi\right)^2 = 219325.57$ J **(Ans.)**

ঘ ধরি, চাকাটি থামাতে t সময় লাগবে।

আমরা জানি,

$\tau = I\alpha$

বা, $\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{300}{4000}$

$\therefore \alpha = 0.075$ rads^{-2}

এখানে,
টর্ক, $\tau = 300$ Nm
জড়তার ভ্রামক, $I = 4000$ kgm^2
কৌণিক ত্বরণ, $\alpha = ?$

আবার,

$\omega = \omega_0 - \alpha t$

বা, $t = \frac{\omega_0 - \omega}{\alpha}$

বা, $t = \left(\frac{\frac{10}{3}\pi - 0}{0.075}\right)$

$\therefore t = 44.44\pi = 139.61$ sec
$= 2.33$ min > 2 min

এখানে,
সময়, $t_1 = 60$s
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 100$
আদি কৌণিক বেগ,
$\omega_0 = \frac{2\pi N}{t_1} = \frac{2\pi \times 100}{60}$
$= \frac{10}{3}\pi$ rads^{-1}
শেষ কৌণিক বেগ, $\omega = 0$ rads^{-1}
কৌণিক ত্বরণ, $\alpha = 0.075$ rads^{-2}
সময়, $t = ?$

সুতরাং, 2 মিনিটে চাকাটি থামাতে চাইলেও সক্ষম হবেন না।

প্রশ্ন ▶২৬ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৩

একজন ব্যক্তি 300 গ্রাম ভরের একটি বস্তুকে 70 cm দৈর্ঘ্যের একটি রশির এক প্রান্তে বেঁধে অনুভূমিক তলে বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 60 বার ঘুরাচ্ছে। হঠাৎ বস্তুটির এক-তৃতীয়াংশ খুলে পড়ে গেলে তিনি তাৎক্ষণিকভাবে রশির দৈর্ঘ্য 10 cm কমিয়ে এবং প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা 10 বার বৃদ্ধি করে বস্তুর অবশিষ্টাংশকে ঘুরাতে থাকেন।

ক. বলের ঘাত কাকে বলে? ১
খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল পরস্পরকে প্রশমিত করে না— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রাথমিক অবস্থায় বস্তুটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পরিবর্তিত অবস্থায় রশির উপর প্রযুক্ত টানের কীরূপ পরিবর্তন করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল এবং উক্ত সময়ের গুণফলকে বলের ঘাত বলে।

খ যদিও ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীতমুখী বল তবুও এরা সাম্য প্রতিষ্ঠা করে না, এর কারণ হলো ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল একই বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে না। সাম্য প্রতিষ্ঠার শর্ত হলো, সংশ্লিষ্ট বলগুলো একই বস্তুর ওপর প্রযুক্ত হতে হবে। বলের সাম্যাবস্থায় বস্তুর গতীয় অবস্থার পরিবর্তন ঘটে না। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল দুটি ভিন্ন বস্তুর ওপর ক্রিয়া করায় উভয় বস্তুর গতীয় অবস্থার পরিবর্তন ঘটে।

গ আমরা জানি,

কৌণিক ভরবেগ,

$L = mvr$

$= mr^2\omega$

$= mr^2\frac{2\pi N}{t}$

$= 0.3 \times (0.7)^2 \times \frac{2\pi \times 60}{60}$

$= 0.924$ kgm^{2}s^{-1} **(Ans.)**

এখানে,
সুতার দৈর্ঘ্য তথা ব্যাসার্ধ,
$r = 70$ cm $= 0.7$ m
বস্তুর ভর, $m = 300$ gm $= 0.3$ kg
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 60$
সময়, $t = 60$ sec
কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$

ঘ ১ম ক্ষেত্রে,

সুতার টান,

F_1 = ঘূর্ণায়মান বস্তুর কেন্দ্রবিমুখী বল $= m_1\omega_1^2 r_1$

$= m_1\left(\frac{2\pi N_1}{t}\right)^2 r_1$

$= 0.3 \times \left(\frac{2\pi \times 60}{60}\right)^2 \times 0.7$

$= 8.29$ N

এখানে,
বস্তুর ভর, $m_1 = 300$ gm $= 0.3$ kg
সুতার দৈর্ঘ্য তথা ব্যাসার্ধ,
$r_1 = 70$ cm $= 0.7$ m
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_1 = 60$
সময়, $t = 60$ sec
সুতার টান, $F_1 = ?$

২য় ক্ষেত্রে,

সুতার টান,

$F_2 = m_2\left(\frac{2\pi N_2}{t_2}\right)^2 r_2$

$= 0.2 \times \left(\frac{2\pi \times 70}{60}\right)^2 \times 0.6$

$= 6.44$ N

এখানে,
বস্তুর ভর,
$m_2 = 300 - \frac{1}{3} \times 300 = 200$ gm
$= 0.2$ kg
সুতার দৈর্ঘ্য তথা ব্যাসার্ধ,
$r_2 = 70 - 10$ cm
$= 60$ cm $= 0.6$ m
সময়, $t_2 = 60$s
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_2 = 60 + 10 = 70$
সুতার টান, $F_2 = ?$

টানের পরিবর্তন, $F_1 - F_2 = 8.29 - 6.44 = 1.85$ N

∴ ২য় ক্ষেত্রে সুতার টান 1.85 N কম হবে।

প্রশ্ন ▶২৭ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ২

P ও Q দুটি গোলকের ভর যথাক্রমে 0.025 kg ও 0.05 kg। P ও Q গোলকদ্বয়কে 2টি পৃথক সুতার সাহায্যে বেঁধে যথাক্রমে 0.909 m ও 0.709 m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে আনুভূমিকভাবে মিনিটে 30 বার ঘুরানো হচ্ছে। সুতাটি সর্বোচ্চ 0.275 N বল সহ্য করতে পারে।

ক. টর্কের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. রাস্তার ব্যাংকিং এর প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P গোলকের কৌণিক ভরবেগ কত? ৩

ঘ. P ও Q গোলকের সুতার মধ্যে কোন সুতাটি ছিঁড়ে যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণপূর্বক যুক্তি দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাই টর্ক।

খ আমরা জানি, বৃত্তাকার পথে কোনো বস্তু ঘুরতে কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন। বাঁকা রাস্তায় গাড়ির গতিও বৃত্তাকার। তাই বাঁকা রাস্তায় গাড়ি ঘোরানোর সময় কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করার জন্য বাঁকা রাস্তার ভিতরের দিক অপেক্ষা বাইরের দিক কিছুটা উচু করে তৈরি করা হয়। একে রাস্তার ব্যাংকিং বলে। বাঁকা রাস্তায় ব্যাংকিং থাকে বলে গাড়ি মোড় ঘোরার সময় কেন্দ্রের দিকে কিছুটা হেলে পড়ে যাতে প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করতে পারে।

গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $0.065\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$

ঘ P গোলকের ক্ষেত্রে,

সুতার টান,

F_1 = ঘূর্ণায়মান বস্তুর কেন্দ্রবিমুখী বল

$$= m_1\omega_1^2 r_1 = m_1\left(\frac{2\pi N_1}{t}\right)^2 r_1 = 0.025\times\left(\frac{2\pi\times 30}{60}\right)^2\times 0.909 = 0.224\ \text{N}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m_1 = 0.025$ kg
সুতার দৈর্ঘ্য তথা ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.909$ m
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_1 = 30$
সময়, $t = 60$ sec
সুতার টান, $F_1 = ?$

Q গোলকের ক্ষেত্রে,

সুতার টান,

$$F_2 = m_2\left(\frac{2\pi N_2}{t_2}\right)^2 r_2 = 0.05\times\left(\frac{2\pi\times 30}{60}\right)^2\times 0.709 = 0.349\ \text{N}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m_2 = 0.05$ kg
সুতার দৈর্ঘ্য তথা ব্যাসার্ধ, $r_2 = 0.709$ m
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_2 = 30$
সুতার টান, $F_2 = ?$

সুতাটি সর্বোচ্চ 0.275 N বল সহ্য করতে পারে। Q গোলকের সুতার টান 0.349 N যা 0.275 N হতে বেশি তাই Q গোলকটির সুতা ছিঁড়ে যাবে।

প্রশ্ন ▸২৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৩

$72\ \text{kmh}^{-1}$ বেগে চলমান 1800 kg ভরের একটি বড় গাড়ি সামনে দাঁড়িয়ে থাকা 1000 kg ভরের একটি ছোট গাড়িকে পিছন দিক থেকে সজোরে ধাক্কা দিলো। ধাক্কার পর গাড়ি দু'টি একত্রিত হয়ে 60 m গিয়ে থেমে গেলো। রাস্তার পাশে দাঁড়িয়ে থাকা বিজ্ঞানের ছাত্র মাহী দুর্ঘটনাটি পর্যবেক্ষণ করে বললো, এটি একটি অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ।

ক. টর্ক কী? ১

খ. রাস্তার বাঁকে সাইকেল আরোহীকে ভেতরের দিকে হেলে বাঁক নিতে হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের গাড়ি দু'টি থামাতে যে বাঁধাদানকারী বল ক্রিয়াশীল ছিল তার মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. মাহী'র মন্তব্যের সত্যতা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাই টর্ক।

খ বক্রপথে সাইকেল চালানোর সময় আরোহীকে সাইকেলসহ বাঁকের কেন্দ্রের দিকে হেলে যেতে দেখা যায়। বৃত্তাকার পথে চলার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টির জন্য এরূপ হেলে যেতে হয়। কাত হয়ে চলার সময় সাইকেলের উপর ভূমির প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশ কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়।

গ ধরি, প্রথম গাড়ির বেগের দিক ধনাত্মক। ধাক্কার পর গাড়িদ্বয়ের সাধারণ বেগ v হলে,

$$m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v$$

বা, $1800\times 20 + 1000\times 0 = (1800+100)\times v$

$$\therefore v = \frac{1800\times 20}{2800} = 12.86\ \text{ms}^{-1}$$

সংঘর্ষের পর গাড়িদ্বয়ের মন্দন নির্ণয়ে,

গাড়িদ্বয়ের সাধারণ আদিবেগ, $u = 12.86\ \text{ms}^{-1}$

এবং সাধারণ শেষ বেগ, $v = 0\ \text{ms}^{-1}$

সাধারণ সরণ, $s = 60$ m

গাড়িদ্বয়ের সাধারণ ত্বরণ a হলে,

$$v^2 = u^2 - 2as$$

বা, $2as = u^2 - v^2$

$$\therefore a = \frac{u^2 - v^2}{2s} = \frac{12.86^2 - 0^2}{2\times 60} = 1.38\ \text{ms}^{-2}$$

এখানে,
বড় গাড়ির ভর, $m_1 = 1800$ kg
বড় গাড়ির বেগ, $u_1 = 72\ \text{kmh}^{-1} = \frac{72\times 1000}{3600}\ \text{ms}^{-1} = 20\ \text{ms}^{-1}$
ছোট গাড়ির বেগ, $u_2 = 0\ \text{ms}^{-1}$
ছোট গাড়ির ভর, $m_2 = 1000$ kg
সংঘর্ষের পর মিলিত বেগ = v
বাধাদানকারী বল, F = ?

সুতরাং চলমান গাড়িদ্বয়ের ওপর বাধাদানকারী সাধারণ বলের মান,

$$F = ma = (1800 + 1000)\times 1.38 = 2800\times 1.38 = 3864\ \text{N}$$

অতএব, চলমান গাড়ি দুটির থামাতে বাধাদানকারী বলের মান 3864 N। **(Ans.)**

ঘ সংঘর্ষের পূর্বে বড় গাড়ির গতিশক্তি E_{K_1} হলে,

$$E_{K_1} = \frac{1}{2}m_1u_1^2 = \frac{1}{2}\times 1800\times (20)^2 = 360000\ \text{J}$$

সংঘর্ষের পূর্বে ছোট গাড়ির গতিশক্তি E_{K_2} হলে,

$$E_{K_2} = \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}\times 1000\times (0)^2 = 0\text{J}$$

এখানে,
বড় গাড়ির ভর, $m_1 = 1800$ kg
বড় গাড়ির আদি বেগ, $u_1 = 20\ \text{ms}^{-1}$ ('গ' হতে)
ছোট গাড়ির ভর, $m_2 = 1000$ kg
ছোট গাড়ির আদি বেগ, $u_2 = 0\ \text{ms}^{-1}$
সংঘর্ষের পর গাড়িদ্বয়ের একত্রিত বেগ, $v = 12.86\ \text{ms}^{-1}$ ('গ' হতে)

সংঘর্ষের পূর্বে মোট গতিশক্তি,

$$E_{K_i} = E_{K_1} + E_{k_2} = 360000 + 0 = 360000\ \text{J}$$

আবার, সংঘর্ষের পরে মোট গতিশক্তি E_{K_f} হলে,

$$E_{K_f} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$$

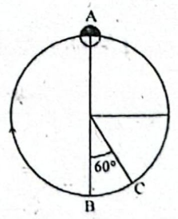
বা, $E_{K_f} = \frac{1}{2}\times(1800 + 1000)\times(12.86)^2 = 231531.44\ \text{J}$

$\therefore E_{K_i} \neq E_{K_f}$

অর্থাৎ, সংঘর্ষের পূর্বের ও পরের মোট গতিশক্তি সমান নয়। অতএব, সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক।

অর্থাৎ, মাহী'র মন্তব্য সত্য।

প্রশ্ন ▸২৯ সিলেট বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৩



100 gm ভরের একটি পাথরখণ্ডকে $4\ \text{ms}^{-1}$ বেগে উলম্বতলে উপরে বর্ণিত চিত্র মতে 1 m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে।

ক. কার্লের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. ইস্পাত রাবার অপেক্ষা বেশি স্থিতিস্থাপক— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঘূর্ণনরত বস্তুটির পর্যায়কাল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত A, B ও C বিন্দুগুলোর মধ্যে কোনটিতে সুতার টান সবচেয়ে বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ধারণ করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্ল হলো কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে বল প্রয়োগ করতে হয়, সম আকারের ইস্পাতের টুকরাতে একই বিকৃতি ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ রাবারের তুলনায় ইস্পাতের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি বলে ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ আমরা জানি, পর্যায়কাল T হলে কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi}{T}$

আবার,

$v = \omega r$

বা, $v = \frac{2\pi}{T} r$

বা, $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.1416 \times 1}{4}$

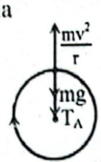
$= 1.571$ s **(Ans.)**

এখানে,
বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 1$ m
রৈখিক বেগ, $v = 4$ ms^{-1}
পর্যায়কাল, $T = ?$

ঘ

A বিন্দুতে সূতার টান T_A হলে,

$\Sigma F_A = ma$



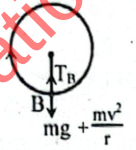
এখানে,
বস্তুর ভর, $m_A = 100$ gm
$= 0.1$kg
বেগ, $v = 4$ ms^{-1}
বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 1$m

বা, $mg + T_A = \frac{mv^2}{r}$

[$\because$ কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, $a = \frac{v^2}{r}$]

বা, $T_A = \frac{mv^2}{r} - mg = \frac{0.1 \times (4)^2}{1} - 0.1 \times 9.8 = 0.62$ N

B বিন্দুতে সূতার টান T_B হলে,



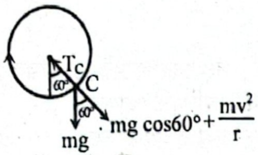
$\Sigma F_B = ma$

বা, $T_B - mg = \frac{mv^2}{r}$

বা, $T_B = \frac{mv^2}{r} + mg$

$= \frac{(0.1) \times (4)^2}{1} + 0.1 \times 9.8 = 2.58$ N

C বিন্দুতে সূতার টান T_C হলে,



$\Sigma F = ma$

বা, $T_C - mg\cos60° = \frac{mv^2}{r}$

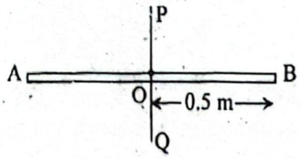
বা, $T_C = \frac{mv^2}{r} + mg\cos60°$

$= \frac{(0.1) \times (4)^2}{1} + 0.1 \times 9.8 \times \frac{1}{2} = 2.09$ N

দেখা যাচ্ছে, $T_B > T_C > T_A$

$\therefore$ A, B ও C বিন্দুগুলোর মধ্যে B বিন্দুতে সুতার টান সবচেয়ে বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶৩০ যশোর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ২



উপরের চিত্রের সরু ও সুষম দন্ডের দৈর্ঘ্য AB = 1 m এবং ভর 2 kg. দণ্ডটি তার দৈর্ঘ্যের সাথে লম্বভাবে গমনকারী PQ অক্ষের সাপেক্ষে সুষম কৌণিক বেগে ঘূর্ণায়মান।

ক. বলের ঘাত কাকে বলে? ১

খ. সমবেগে উঠানামা করা লিফটের যাত্রীর ওজনের পরিবর্তন হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের দন্ডটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের দন্ডটির ঘূর্ণন অক্ষ মধ্যবিন্দু O থেকে প্রান্তের A বিন্দুতে স্থানান্তর হলে চক্রগতির ব্যাসার্ধের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল এবং উক্ত সময়ের গুণফলকে বলের ঘাত বলে।

খ লিফটে ওঠানামা করার সময় যাত্রীর ওজনের তারতম্য ঘটে। লিফট উপরের দিকে a ত্বরণে উঠলে লিফটের সাপেক্ষে যাত্রীর ত্বরণ (g+a) হয়। এজন্য লিফটের প্রতিক্রিয়া বল হয় m(g+a) যা mg এর চেয়ে বেশি। তাই যাত্রীরা নিজেদের ভারী অনুভব করে। আবার, লিফট a ত্বরণে নিচে নামার সময় লিফটের সাপেক্ষে যাত্রীর ত্বরণ (g−a) হয়। এজন্য লিফটের প্রতিক্রিয়া বল m(g−a) যা mg এর চেয়ে কম, তাই যাত্রীরা নিজেদের হালকা অনুভব করে। কিন্তু লিফট সমবেগে চললে a = 0 হয়। এজন্য লিফটের সাপেক্ষে যাত্রীর ওজন হয় mg এবং লিফটের প্রতিক্রিয়া বল ও হয় mg যা যাত্রীর ওজনের সমান। তাই সমবেগে উঠানামা করা লিফটের যাত্রীর ওজনের পরিবর্তন হয় না।

গ

আমরা জানি,

$\therefore$ জড়তার ভ্রামক,

$I = \frac{Ml^2}{12} = \frac{2 \times (1)^2}{12}$

$= 0.167$ kgm^{-2} **(Ans.)**

এখানে,
দণ্ডের ভর, $M = 2$ kg
এবং দৈর্ঘ্য $l = 1$m
জড়তার ভ্রামক $I = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক, $I_1 = 0.167$ kgm^2

$\therefore$ দণ্ডটির চক্রগতির ব্যাসার্ধ K_1 হলে,

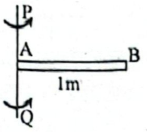
$I_1 = MK_1^2$

বা, $K_1 = \sqrt{\frac{I_1}{M}} = \sqrt{\frac{0.167}{2}}$

$= 0.289$ m

এখানে,
AB দণ্ডের ভর, $M = 2$ kg
AB দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $L = 1$ m

উদ্দীপকের দণ্ডটির ঘূর্ণন অক্ষ PQ মধ্যবিন্দু O থেকে প্রান্তের A বিন্দুতে স্থানান্তর করলে, AB দণ্ডটি প্রান্তবিন্দু A গামী ও লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে ঘুরতে থাকবে। এক্ষেত্রে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক $I_2 = \frac{1}{3} ML^2$



এক্ষেত্রে, চক্রগতির ব্যাসার্ধ K_2 হলে, $I_2 = MK_2^2$

$\therefore MK_2^2 = \frac{1}{3} ML^2$

বা, $K_2^2 = \frac{L^2}{3}$ বা, $k_2 = \frac{L}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$ m

দেখা যাচ্ছে, $K_2 > K_1$ এবং $\frac{K_2}{K_1} = \frac{0.577}{0.289} = 2 \therefore K_2 = 2K_1$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের দণ্ডটির ঘূর্ণন অক্ষ O থেকে A বিন্দুতে স্থানান্তর করলে চক্রগতির ব্যাসার্ধ দ্বিগুণ হবে।

প্রশ্ন ▶৩১ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ২

গ্রামের একটি সমতল রাস্তার এক জায়গায় 3 m ব্যাসার্ধের একটি বাঁক রয়েছে। একজন সাইকেল আরোহী 20 kmh^{-1} বেগে হেলে সাইকেল চালিয়ে বাঁক অতিক্রম করলো। না হেলে একজন সাইকেল আরোহী যেন নিরাপদে বাঁক অতিক্রম করতে পারে সে ব্যাপারে বাঁকে একটি সতর্কীকরণ প্লেটে সর্বোচ্চ গতিসীমা 6 kmh^{-1} উল্লেখ আছে। [রাস্তার বাঁকে ব্যাংকিং করা ছিল না এবং টায়ার ও রাস্তার স্থিতি ঘর্ষণ গুণাঙ্ক 0.1 এবং g = 10 ms^{-2}]

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী? ১

খ. যে মৌলিক বল ঘর্ষণ বল সৃষ্টি করে তার সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। ২

গ. সাইকেল আরোহী কত কোণে হেলে সাইকেল চালিয়ে বাঁক অতিক্রম করেছিল? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সতর্কীকরণ প্লেটে উল্লিখিত গতিসীমার যথার্থতা যাচাই করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বই চক্রগতির ব্যাসার্ধ।

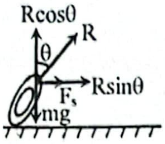
খ যে মৌলিক বল ঘর্ষণ বল সৃষ্টি করে তা হলো তড়িৎ চৌম্বকীয় বল। দুটি চার্জিত বস্তুর মধ্যে ও দুটি চুম্বক পদার্থের মধ্যে যে বল ক্রিয়াশীল থাকে, এদের যথাক্রমে তড়িৎ ও চৌম্বক বল বলা হয়। তড়িৎ ও চৌম্বক বল পরস্পর আকর্ষণধর্মী ও বিকর্ষণধর্মী উভয় ধরনের হতে পারে। মূলত আপেক্ষিক গতিতে পরিভ্রমণরত দুটি আহিত কণার মধ্যে ক্রিয়াশীল বলই তড়িৎ-চৌম্বকীয় বল। ভরহীন, চার্জহীন ফোটন নামক এক প্রকার কণার পারস্পরিক বিনিময়ের মাধ্যমে এই বল কার্যকর হয়। এই বলের পাল্লাও অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত, এই বলের ক্রিয়ার জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না। ঘর্ষণ বল, স্থিতিস্থাপক বল, রাসায়নিক বিক্রিয়া ইত্যাদিতে তড়িৎ চুম্বকীয় বলের প্রকাশ ঘটে।

গ ধরি, সাইকেল আরোহী উলম্বের সাথে θ কোণে হেলে সাইকেল চালিয়ে বাঁক অতিক্রম করে এবং এর জন্য সৃষ্ট প্রতিক্রিয়া বল R।

এখানে, $R\cos\theta = mg$ .... (1)

$R\sin\theta + F_s = \frac{mv^2}{r}$

বা, $R\sin\theta = \frac{mv^2}{r} - F_s$.... (2)



(2) ÷ (1) করে পাই,

$$\frac{R\sin\theta}{R\cos\theta} = \frac{\frac{mv^2}{r} - F_s}{mg}$$

বা, $\tan\theta = \frac{\frac{mv^2}{r} - F_s}{mg}$

$= \frac{\frac{mv^2}{r} - \mu_s mg}{mg}$ [∵ ঘর্ষণ বল, $F_s = \mu_s mg$]

$= \frac{\frac{v^2}{r} - \mu_s g}{g} = \frac{\frac{(5.556)^2}{3} - 0.1 \times 10}{10} = 0.92897$

∴ $\theta = \tan^{-1}(0.92897) = 42.89°$

এখানে,
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 3m$
সাইকেল আরোহীর বেগ,
$v = 20\ kmhr^{-1} = \frac{20 \times 1000}{3600} ms^{-1}$
$= 5.556\ ms^{-1}$
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_s = 0.1$
$g = 10\ ms^{-2}$

সুতরাং সাইকেল আরোহী উলম্বের সাথে 42.89° কোণে হেলে সাইকেল চালিয়ে বাঁক অতিক্রম করেছিল। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকে রাস্তার বাঁকে ব্যাংকিং না করা থাকায় চাকার সাথে রাস্তার ঘর্ষণ বল বাঁক অতিক্রম করার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। বস্তুর ভর m, স্থিতি ঘর্ষণ গুণাঙ্ক μ_s হলে, ঘর্ষণ বল,

$F = \mu_s mg$। আবার বেগ v হলে, কেন্দ্রমুখী বল, $F_c = \frac{mv^2}{r}$

শর্তমতে, $F = F_c$

বা, $\mu_s mg = \frac{mv^2}{r}$

বা, $v^2 = \mu_s rg$

বা, $v = \sqrt{\mu_s rg}$

এখানে,
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 3\ m$
স্থিতি ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_s = 0.1$
$g = 10\ ms^{-2}$

উদ্দীপকের রাস্তার ক্ষেত্রে চাকা না পিছলে যে সর্বোচ্চ দ্রুতিতে বৃত্তাকার পথে বাঁক নিতে পারে, তা হবে

$v = \sqrt{0.1 \times 3 \times 10} = 1.732\ ms^{-1} = 6.24\ kmhr^{-1} \approx 6\ kmhr^{-1}$

যা বাঁকে সতর্কীকরণ প্লেটে উল্লিখিত সর্বোচ্চ গতিসীমার সমান।
সুতরাং, সতর্কীকরণ প্লেটে উল্লিখিত গতিসীমা যথার্থ।

প্রশ্ন ▶৩২ রাজশাহী বোর্ড ২০২১ I প্রশ্ন নং ২

আরিতার ভর 40 kg। সে একটি ঘর্ষণহীন উলম্ব অক্ষের সাপেক্ষে অনুভূমিকভাবে ঘূর্ণায়মান নাগরদোলার প্রান্তবিন্দুতে চড়ে 25 m ব্যাসবিশিষ্ট বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 10 বার ঘুরছে। আরিতা ধীরে ধীরে কেন্দ্রের দিকে আসতে থাকে এবং কেন্দ্র থেকে 6 m দূরে একটি বিন্দুতে পৌঁছায়।

ক. টর্ক কী? ১
খ. বৃত্তাকার পথে বস্তুর সমবেগে চলা সম্ভব নয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. প্রান্তবিন্দুতে থাকা অবস্থায় আরিতার রৈখিক বেগ কত? ৩
ঘ. আরিতা প্রান্তবিন্দু থেকে কেন্দ্রের দিকে আসলে তার কৌণিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হবে কি-না তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে পর্যালোচনা কর। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ বৃত্তাকার পথে বস্তু সমবেগে নয় বরং সমদ্রুতিতে চলে। সমবেগে চলার অর্থ হলো বেগের মান ও দিক সর্বদা একই থাকবে। আমরা জানি, বেগ একটি ভেক্টর রাশি যার মান এবং দিক উভয়ই আছে। বৃত্তাকার পথে চলাকালীন বস্তুর অভিমুখ হচ্ছে বস্তুটি পথের যে বিন্দুতে আছে সেই বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক বরাবর। কিন্তু স্পর্শকের অভিমুখের পরিবর্তনের সাথে বৃত্তাকার পথে চলাকালীন বস্তুর অভিমুখের প্রতিমুহূর্তে পরিবর্তন ঘটে থাকে। তাই বলা যায়, বৃত্তাকার পথে বস্তুটির সমবেগে চলা সম্ভব নয়।

গ

আমরা জানি,
রৈখিক বেগ,
$v = \omega r$
$= \frac{\pi}{3} \times 12.5$
$= 13.09\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
ব্যাসার্ধ, $r = \frac{25}{2} m$
$= 12.5\ m$
কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t}$
$= \frac{2\pi \times 10}{60} rads^{-1}$
$= \frac{\pi}{3} rads^{-1}$

ঘ উদ্দীপকের আরিতা কেন্দ্র হতে 12.5 m এবং 6 m দূরত্বে একই কৌণিক বেগে ঘুরতে থাকে। 'গ' হতে প্রাপ্ত কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{\pi}{3} rads^{-1}$

কেন্দ্র থেকে 12.5 m দূরে,
কৌণিক ভরবেগ, $L_1 = I_1\omega_1$
বা, $L_1 = m_1 r_1^2 \omega_1$
বা, $L_1 = 40 \times (12.5)^2 \times \frac{\pi}{3}$
∴ $L_1 = 6544.985\ kgm^2s^{-1}$

এখানে,
আরিতার ভর, $m_1 = 40\ kg$
কেন্দ্র হতে দূরত্ব, $r_1 = 12.5\ m$
কৌণিক বেগ, $\omega_2 = \frac{\pi}{3} rads^{-1}$

আবার,
কেন্দ্র থেকে 6 m দূরে,
কৌণিক ভরবেগ, $L_2 = I_2\omega_2$
বা, $L_2 = m_2 r_2^2 \omega_2 = 40 \times (6)^2 \times \frac{\pi}{3}$
∴ $L_2 = 1507.96\ kgm^2s^{-1}$

এখানে,
কেন্দ্র হতে দূরত্ব, $r_2 = 6\ m$
কৌণিক বেগ, $\omega_2 = \frac{\pi}{3} rads^{-1}$

যেহেতু, $L_1 \neq L_2$, অতএব, আরিতা প্রান্তবিন্দু থেকে কেন্দ্রের দিকে, আসলে তার কৌণিক ভরবেগ কমবে তথা পরিবর্তন হবে এবং এই কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তনের মান $= L_1 - L_2 = 6544.985 - 1507.96 \approx 5037\ kgm^2s^{-1}$।

প্রশ্ন ▶৩৩ কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ I প্রশ্ন নং ২

1400 kg ভরের একটি গাড়ি 20 m প্রশস্ত কোনো বাঁকা রাস্তায় বাঁক নিচ্ছে। রাস্তার বাইরের প্রান্ত ভিতরের প্রান্ত অপেক্ষা 0.75 m উঁচু। রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ 100 m। যাত্রীরা চালককে 8 ms^{-1} বেগে গাড়ি চালাতে অনুরোধ করে।

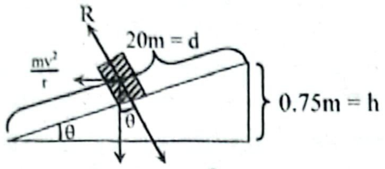
ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১
খ. দেয়ালের সাথে ধাক্কা খেয়ে বল বিপরীত দিকে ফিরে আসে কেন? ২
গ. রাস্তায় গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল প্রতিক্রিয়া বল হিসেব করো। ৩
ঘ. গাড়ির চালক যাত্রীদের অনুরোধ রক্ষা করতে পারবেন কি না যাচাই করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

ঘ কোনো একটি বল দেয়ালের গায়ে ধাক্কা খেলে এটি দেয়ালের গায়ে বল প্রয়োগ করে যা হলো ক্রিয়া বল। নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র মতে দেয়াল বলটির গায়ে সমান ও বিপরীতমুখী একটি বল প্রয়োগ করবে যা হলো প্রতিক্রিয়া বল। এই প্রতিক্রিয়া বলের কারণে দেয়ালের সাথে ধাক্কা খেয়ে বল বিপরীত দিকে ফিরে আসে।

গ



আমরা জানি,

$$\sin\theta = \frac{h}{d}$$

বা, $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{h}{d}\right)$

$= \sin^{-1}\left(\frac{0.75}{20}\right)$

$\therefore \theta = 2.15°$

এখানে,
রাস্তার দুই প্রান্তের উচ্চতার পার্থক্য, $h = 0.75$ m
প্রস্থ, $d = 20$ m
গাড়ির ভর, $m = 1400$ kg
ব্যাংকিং কোণ, $\theta = ?$
$g = 9.8$ ms^{-2}

∴ রাস্তায় গাড়ির উপর প্রতিক্রিয়া বল,
$R = mg\cos\theta = 1400 \times 9{\cdot}8 \times \cos(2.15°) = 13710.342$ N **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$$

বা, $v = \sqrt{\tan\theta \times rg}$

$= \sqrt{\tan(2.15°) \times 100 \times 9.8}$

$\therefore v = 6.066$ ms$^{-1} < 8$ ms^{-1}

এখানে,
ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 2.15°$
['গ' হতে পাই]
$g = 9.8$ ms^{-2}
রাস্তার বাঁকের ব্যার্সাধ, $r = 100$ m
দুর্ঘটনা এড়াতে সর্বোচ্চ বেগ, $v = ?$

সুতরাং, দুর্ঘটনা এড়াতে হলে রাস্তার বাঁকে গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ 6.066ms^{-1} রাখতে হবে। 8ms^{-1} বেগে চালালে দুর্ঘটনা ঘটবে। অর্থাৎ, গাড়ির চালক যাত্রীদের অনুরোধ রক্ষা করতে পারবেন না।

প্রশ্ন ▶৩৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭

5 kg ভর ও 30 cm ব্যাসার্ধের একটি চাকা মিনিটে 60 বার ঘুরছে। চাকাটিতে 5 sec এ থামানোর জন্য 0.45 N-m টর্ক প্রয়োগ করা হলো।

ক. কেন্দ্রবিমুখী বলের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. টর্ক ও বলের মধ্যে পার্থক্য লিখ। ২
গ. চাকাটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত সময়ে চাকাটিকে থামানো যাবে কি না যাচাই করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃত্তাকার পথে কোনো বস্তু ঘুরতে থাকলে যে বল বৃত্তের কেন্দ্রের উপর ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের বাইরের দিকে ক্রিয়া করে তাকে কেন্দ্রবিমুখী বল বলে।

খ টর্ক ও বলের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ:
i. বল প্রয়োগে বস্তুর রৈখিক সরণ ঘটে কিন্তু টর্ক প্রয়োগ করলে বস্তুর কৌণিক সরণ ঘটে।
ii. বলের একক নিউটন, টর্কের একক নিউটন-মিটার।
iii. বল এবং টর্কের মধ্যে সম্পর্ক:

টর্ক = কার্যকরী দূরত্ব × বল বা, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

গ আমরা জানি,

$L = I\omega$

$= \frac{mr^2}{2} \times \omega$

$= 5 \times \frac{(0.3)^2}{2} \times 2\pi$

$= 1.414$ kgm^{2}s^{-1} **(Ans.)**

এখানে,
চাকাটির ভর, $m = 5$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 30$ cm $= 0.3$ m
সময়, $t = 1$ min $= 60$s
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 60$
কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 60}{60}$
$= 2\pi$ rads^{-1}
কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$

ঘ আমরা জানি,

জড়তার ভ্রামক, $I = \frac{1}{2}mr^2$
[চাকাটি নিরেট ধরে]

$\therefore I = \frac{1}{2} \times 5 \times (0.3)^2$

$= 0.225$ kgm^2

এখানে,
ভর, $m = 5$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 30$ cm $= 0.3$ m
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 60$
সময়, $t = 1$ min $= 60$ s
টর্ক, $\tau = 0.45$ N-m

আদি কৌণিক বেগ, $\omega_0 = \frac{2\pi N}{t}$

$= \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 60}{60} = 2\,\pi$ rads^{-1}

আবার, টর্ক, $\tau = I\,\alpha$

বা, $\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{0.45}{0.225} = 2$ rads^{-2}

ধরি, চাকাটি থামাতে t′ সময় প্রয়োজন এবং এতে শেষ কৌণিক বেগ, $\omega = 0$ rads^{-2}

আমরা জানি, $\omega = \omega_0 - \alpha t'$

বা, $t' = \frac{\omega_0 - \omega}{\alpha} = \frac{2\pi - 0}{2} = \pi = 3.1416$ s

$t' < 5$ s

তাই উদ্দীপকে উল্লেখিত সময়ে চাকাটিকে থামানো যাবে।

প্রশ্ন ▶৩৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৪

500 m ব্যাসার্ধের একটি রেললাইনের বাঁকে মিটারগেজ ও ব্রডগেজ উভয় ধরনের রেললাইন আছে। মিটারগেজ রেললাইনের দুই পাতের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 m, ভিতরের পাত অপেক্ষা বাইরের পাত 6 cm উঁচু এবং ব্রডগেজ রেললাইনের দুই পাতের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1.3 m, ভিতরের পাত অপেক্ষা বাইরের পাত 11 cm উঁচু।

ক. কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে? ১
খ. একজন নৃত্যশিল্পী ঘূর্ণনের সময় দুই হাত ভাঁজ করে নেয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের মিটারগেজ রেললাইনের ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বাঁকে কোন ধরনের লাইনে ট্রেন দ্রুত নিরাপদে অতিক্রম করতে সক্ষম হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো বস্তু একটি বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন ঐ বৃত্তের কেন্দ্র অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে গতিশীল রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

খ একজন নৃত্য শিল্পী নাচার সময় হঠাৎ করে তার ঘূর্ণন বেগ বৃদ্ধির প্রয়োজন হতে পারে। তখন সে দুই হাত ভাঁজ করে নেয়। এতে ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে দেহের জড়তার ভ্রামক কমে যাওয়ায় কৌণিক ভর বেগের সংরক্ষণ সূত্র ($I_1\omega_1 = I_2\omega_2$) অনুসারে তার দেহের কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পায়।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.43°।

ঘ এখানে, বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 500$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ m·s^{-2}
মিটারগেজ লাইনের ব্যাংকিং কোণ, $\theta_1 = 3.43°$ [(গ) হতে]
ব্রডগেজ লাইনের প্রশস্ততা, $d' = 1.3$ m
উচ্চতা, $h' = 11$ cm $= 0.11$ m

ব্রডগেজ লাইনের ব্যাংকিং কোণ, $\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{h'}{d'}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{0.11}{1.3}\right) = 4.85°$

ধরি,
মিটারগেজ লাইনের সর্বোচ্চ বেগ v_1 এবং ব্রডগেজ লাইনের সর্বোচ্চ বেগ v_2

আমরা পাই, $\tan\theta_1 = \frac{v_1^2}{rg}$

এবং $\tan\theta_2 = \frac{v_2^2}{rg}$

$$\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

বা, $\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\tan 3.43°}{\tan 4.85°}$

বা, $\frac{v_1^2}{v_2^2} = 0.71$

বা, $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{0.71} = 0.84$

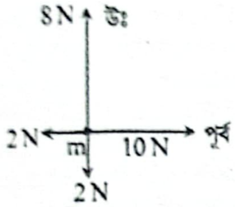
বা, $v_1 = 0.84\, v_2$

$\therefore v_2 = 1.2 v_1$

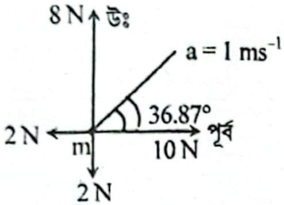
যেহেতু $v_2 > v_1$, অর্থাৎ ব্রডগেজ লাইনের ট্রেন দ্রুত নিরাপদে অতিক্রম করতে সক্ষম হবে।

প্রশ্ন ▶৩৬ সিলেট বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭

m = (10 kg) ভরের একটি বস্তুর উপর একই সময়ে চারটি বল ক্রিয়া করছে, যা ১নং চিত্রে দেখানো হলো—



চিত্র-১



চিত্র-২

◀ *অধ্যায় ২ ও ৪ এর সমন্বয়ে*

ক. টর্ক কী? ১

খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ নং চিত্রে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল নিট বলের মান কত? ৩

ঘ. ১ নং চিত্রের আলোকে ২নং চিত্রের সঠিকতা যাচাই করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাই টর্ক।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না, সেই বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।
ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বলের দ্বারা কৃত কাজ ঋণাত্মক, ফলে একটি পূর্ণ চক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনো শূন্য হতে পারে না। তাই ঘর্ষন বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ এখানে, উত্তর দিক বরাবর প্রযুক্ত বল, $F_N = 8\text{ N}$
দক্ষিণ দিক বরাবর প্রযুক্ত বল, $F_S = 2\text{ N}$
পূর্ব দিক বরাবর প্রযুক্ত বল, $F_E = 10\text{ N}$
পশ্চিম দিক বরাবর প্রযুক্ত বলে, $F_w = 2\text{ N}$

$\therefore$ উত্তর দিক বরাবর মোট বল, $F_N' = F_N - F_S = (8-2)\text{ N} = 6\text{ N}$

এবং পূর্ব দিক বরাবর মোট বল, $F_E' = F_E - F_w = (10-2)\text{ N} = 8\text{ N}$

$\therefore$ বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল নীট বল, $F = \sqrt{(F_N')^2 + (F_E')^2} = \sqrt{6^2 + 8^2}\text{ N} = 10\text{ N}$ **(Ans.)**

ঘ এখানে, বস্তুর ভর, m = 10 kg
'গ' থেকে পাই, নীট বল, F = 10N

$\therefore$ ত্বরণ, $a = \frac{F}{m} = \frac{10}{10} = 1\text{ms}^{-2}$

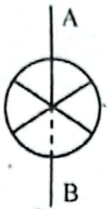
পূর্বদিকের সাথে F এর উৎপন্ন কোণ, $\theta = \tan^{-1}\frac{F_N'}{F_E'}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{6}{8}\right) = 36.87°$

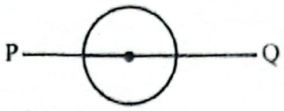
যেহেতু, প্রাপ্ত ফলাফল ২ নং চিত্রের সাথে হুবহু মিলে যায়, তাই উদ্দীপকের ২নং চিত্রটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶৩৭ বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮

নিচের চিত্র-১ এ একটি বৃত্তাকার চাকতির কেন্দ্র দিয়ে পাতের অভিলম্বভাবে AB অক্ষ দণ্ডটি এবং চিত্র-২ চাকতির পাতের সমতলে ব্যাসের মধ্য দিয়ে PQ অক্ষ দণ্ডটি আছে। প্রতিটি পাতের ভর m = 2kg এবং ব্যাসার্ধ r = 1m।



চিত্র-১



চিত্র-২

ক. বল কী? ১

খ. রাস্তার বাঁকে রাস্তার ভিতরের প্রান্ত হতে বাহিরের প্রান্ত উঁচু রাখা হয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. AB অক্ষের সাপেক্ষে চাকতির জড়তার ভ্রামক মান বের করো। ৩

ঘ. পাত দুটিতে সমপরিমাণ টর্ক প্রয়োগ করলে এদের মধ্যে একই ঘূর্ণন সৃষ্টি হবে কি? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বাহ্যিক কারণ কোনো স্থির বস্তুতে গতির সঞ্চার করে বা করতে চায় অথবা কোনো গতিশীল বস্তুর গতির পরিবর্তন করে তাই বল।

খ কোনো মোটর বা রেলগাড়ি যখন বাঁক নেয় তখন এ বাঁকা পথে ঘুরার জন্য একটি কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুখী বল পাওয়া না গেলে গাড়ি গতি জড়তার কারণে বাঁকা পথের স্পর্শক বরাবর চলে যাবে। অনেক সময় গাড়ি অতিরিক্ত গতির কারণে উল্টে পড়ে যায়। সমতল পথে বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ির চাকা ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বল এ কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। কিন্তু ঘর্ষণ বলের মান তথা কেন্দ্রমুখী বলের মান খুব কম হওয়ায় গাড়ি বেশি জোরে বাঁক নিতে পারে না। বেশি জোরে বাঁক নিতে গেলে কেন্দ্রমুখী বল তথা ঘর্ষণ বলের মান বাড়াতে হবে। আর সে জন্য বাঁকের মুখে রাস্তার তলকে অনুভূমিক তলের সাথে হেলিয়ে রাখতে হয়। তাই রাস্তার বাকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উঁচু রাখা হয়।

গ উদ্দীপকের AB অক্ষটি চিত্র-১ এর বৃত্তকার্ চাকতির কেন্দ্রগামী ও তলের সাথে অভিলম্বভাবে অবস্থিত।

আমরা জানি,

$$I_{AB} = \frac{Mr^2}{2} = \frac{1}{2} \times (2) \times (1)^2$$

$\therefore I_{AB} = 1\text{ kgm}^2$ **(Ans.)**

এখানে,
ভর, M = 2kg
ব্যাসার্ধ, r = 1m
জড়তার ভ্রামক, I_{AB} = ?

ঘ 'গ' হতে পাই, $I_{AB} = 1\text{ kgm}^2$

চিত্র-২ এর চাতকির পাতের সমতলে ব্যাসের মধ্যদিয়ে গমনকারী PQ অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$I_{PQ} = \frac{Mr^2}{4} = \frac{1}{4} \times 2 \times (1)^2 = \frac{1}{2}\text{ kgm}^2$$

এখানে,
ভর, m = 2kg
ব্যাসার্ধ, r = 1m
জড়তার ভ্রামক, I_{PQ} = ?

উভয়ের ক্ষেত্রে সমান টর্ক প্রয়োগ করা হলে,

$\tau = I_{AB} \times \alpha_{AB}$ …… (i)

$\tau = I_{PQ} \times \alpha_{PQ}$ …… (ii)

(i) ÷ (ii) হতে পাই,

$$\frac{\tau}{\tau} = \frac{I_{AB} \times \alpha_{AB}}{I_{PQ} \times \alpha_{PQ}}$$

$$\frac{\alpha_{AB}}{\alpha_{PQ}} = \frac{I_{PQ}}{I_{AB}} = \frac{\frac{1}{2}}{1} = \frac{1}{2}$$

$\therefore \alpha_{PQ} = 2 \times \alpha_{AB}$

সুতরাং সমান টর্ক প্রয়োগ করা হলে একই ঘূর্ণন সৃষ্টি হবে না বরং PQ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত চাতকিটি, AB অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত চাতকি অপেক্ষা দ্বিগুণ কৌণিক ত্বরণে ঘুরবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২

একটি সিলিন্ডারের ভর 40 kg এবং ব্যাসার্ধ 0.4 m। সিলিন্ডারটি অনুভূমিকভাবে 2 ms^{-1} বেগে গতিশীল।

ক. কৌণিক বেগ কী? ১
খ. টর্ক ও বল কি ভিন্ন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের সিলিন্ডারের কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সিলিন্ডারটির সম্পূর্ণ গতিশক্তি জানা সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর প্রতি একক সময়ে যে কৌণিক সরণ ঘটে তাই ঐ বস্তুর কৌণিক বেগ।

খ চলন গতিতে রৈখিক ত্বরণের সাথে যেমন বল সংশ্লিষ্ট, ঘূর্ণন গতিতে তেমনি কৌণিক ত্বরণের সাথে সংশ্লিষ্ট রাশি হলো টর্ক।

কোনো দরজার উপর প্রযুক্ত বল বিভিন্ন কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে– এটি নির্ভর করে বল কোথায় প্রয়োগ করা হয়েছে আর কোন দিকে প্রয়োগ করা হয়েছে তার উপর। দরজার কবজার উপর সরাসরি প্রযুক্ত বল কোনো কৌণিক ত্বরণই সৃষ্টি করে না, আবার সেই একই মানের বল যদি দরজার বাইরের প্রান্তে দরজার সাথে লম্বভাবে প্রয়োগ করা হয়, তাহলে সর্বোচ্চ কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করে থাকে। সুতরাং দরজার এই ঘূর্ণন প্রক্রিয়া নির্ভর করে প্রযুক্ত বলের মান, ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগ বিন্দুর দূরত্ব আর কত কোণে বল প্রয়োগ করা হয়েছে তার উপর। এগুলোর সমন্বয়ে তৈরী রাশিটিই হল টর্ক। অর্থাৎ, টর্ক ও বল ভিন্ন।

গ আমরা জানি,

সিলিন্ডারের জড়তার ভ্রামক,

$I = \frac{1}{2} mr^2$

$= \frac{1}{2} \times 40 \times (0.4)^2$

$= 3.2\ kgm^2$

কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2}{0.4} = 5\ rads^{-1}$

$\therefore$ কৌণিক ভরবেগ, $L = I\omega$

$= 3.2 \times 5 = 16\ kgm^2s^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
সিলিন্ডারের ভর,
$m = 40\ kg$
সিলিন্ডারের ব্যাসার্ধ,
$r = 0.4\ m$
সিলিন্ডারটির রৈখিক বেগ,
$v = 2ms^{-1}$
সিলিন্ডারের কৌণিক ভরবেগ,
$L = ?$

ঘ আমরা জানি,

রৈখিক গতিশক্তি,

$E = \frac{1}{2}mv^2$

$= \frac{1}{2} \times 40 \times 2^2$

$= 80\ J$

এখানে,
সিলিন্ডারের ভর, $m = 40\ kg$
ব্যাসার্ধ, $r = 0.4\ m$
বেগ, $v = 2\ ms^{-1}$
কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{v}{r} = \frac{2}{0.4} = 5$
জড়তার ভ্রামক, $I = ?$

সিলিন্ডারের জড়তার ভ্রামক,
$I = 3.2\ kgm^2$ ('গ' হতে)

অতএব, ঘূর্ণন গতিশক্তি, $E_r = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 3.2 \times 5^2 = 40\ J$

$\therefore$ সম্পূর্ণ গতিশক্তি = রৈখিক গতিশক্তি + ঘূর্ণন গতিশক্তি = (80 + 40) = 120 J। অর্থাৎ, সিলিন্ডারটির সম্পূর্ণ গতিশক্তি জানা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৮

দুই বন্ধু রাজিন ও নাইম মোটর সাইকেলে চড়ে একটি অনুষ্ঠানে যাচ্ছে। মোটর সাইকেলসহ তাদের মোট ভর 300 kg। রাজিন মোটর সাইকেল চালাচ্ছে। তারা একটি 40 m প্রশস্ত রাস্তায় বাঁক নিচ্ছে। রাস্তাটির বাইরের প্রান্ত ভিতরের প্রান্ত হতে 80 cm উঁচু। বাঁকের ব্যাসার্ধ 200 m। নাইম রাজিনকে 10 ms^{-1} বেগে মোটর সাইকেল চালাতে অনুরোধ করল।

ক. কৌণিক সরণ কী? ১
খ. দরজার হাতল এক প্রান্তে লাগানো হয় কিন্তু মধ্যে লাগানো হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. রাজিন নাইমের অনুরোধ রক্ষা করতে পারবে কি না তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন ঘূর্ণনশীল কণা আদি ও শেষ অবস্থানে গতিপথের কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করে তাই কণাটির কৌণিক সরণ।

খ দরজার হাতলের প্রান্তে কোনো বল প্রয়োগ করলে হাতলের প্রান্তে দরজায় একটি টর্ক সৃষ্টি হয়। আমরা জানি টর্ক, $\tau = F.d$, এখানে ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগবিন্দুর দূরত্ব (d) বাড়লে সমপরিমাণ বল প্রয়োগে বেশি টর্ক পাওয়া সম্ভব এবং দরজাটিকে ঘুরানো সহজ হয়। তাই d এর মান বৃদ্ধির জন্য দরজার হাতল এক প্রান্তে লাগানো হয় কিন্তু মধ্যে লাগানো হয় না।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.14°।

ঘ আমরা জানি,

$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$

বা, $v = \sqrt{rg\tan\theta}$

বা, $v = \sqrt{200 \times 9.8 \times \tan 1.14°}$

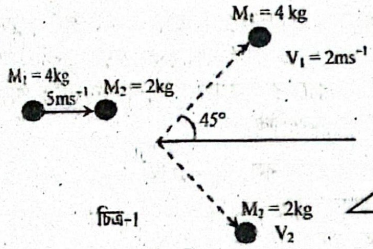
$\therefore v = 6.245\ ms^{-1}$

এখানে,
বাকের ব্যাসার্ধ,
$r = 200\ m$
'গ' হতে প্রাপ্ত, ব্যাংকিং কোণ,
$\theta = 1.14°$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
মোটর সাইকেলের বেগ, $v = ?$

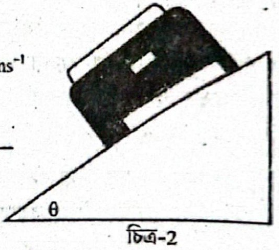
অতএব নিরাপদে বাঁক নেয়ার জন্য সর্বোচ্চ 6.25 ms^{-1} বেগে মোটর সাইকেল চালাতে পারবে। কিন্তু নাইম রাজিনকে 10 ms^{-1} বেগে মোটর সাইকেল চালাতে অনুরোধ করে। তাই রাজিন নাইমের অনুরোধ রক্ষা করতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৪০ পাবনা ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

চিত্র-1 এ 5 ms^{-1} বেগে চলমান M_1 ভরের বস্তু M_2 ভরের একটি স্থির বস্তুকে আঘাত করার। ফলে M_1 বস্তুটি 45° কোণে 2 ms^{-1} বেগে চলা শুরু করলো। অন্যদিকে 1500 kg ভরের একটি গাড়ি 2×10^4 J গতিশক্তি নিয়ে চলছে। গাড়িটি যখন 80 m ব্যাসার্ধের রাস্তায় (চিত্র-2) বাঁক নেয় তখন চালক গাড়ির বেগ কমিয়ে $\frac{1}{3}$ অংশ করে। রাস্তার প্রস্থ 4 m ও দুই পার্শের উচ্চতার পার্থক্য 0.6 m।



চিত্র-1



চিত্র-2

ক. গড় মুক্তপথ কী? ১
খ. একজন নর্তকী ঘুরার সময় দুটি হাত ভাঁজ করে রাখে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. M_2 ভরের বস্তুর বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ড্রাইভার কি নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

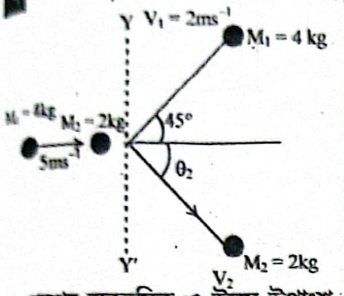
৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বই গড় মুক্তপথ।

খ একজন নর্তকী নাচার সময় হাত ভাঁজ করলে বেশি বেগে ঘুরতে পারে। আমরা জানি, জড়তার ভ্রামক হচ্ছে কোনো বস্তুর ঘূর্ণনে বাধা দেওয়ার প্রবণতা। জড়তার ভ্রামকের সূত্রানুসারে $I = mr^2$ অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক কোনো বস্তুর ভর এবং অক্ষ থেকে ঐ বস্তুর যেকোনো বিন্দুর লম্ব দূরত্বের বর্গের সমানুপাতিক। যেহেতু কোনো বস্তুর ভর অপরিবর্তনশীল, সুতরাং জড়তার ভ্রামক পরিবর্তন করতে হলে লম্ব দূরত্ব পরিবর্তন করতে হবে। এখন নর্তকী নাচার (ঘুরার) সময় হাত সংকুচিত করলে ঘূর্ণন অক্ষ

থেকে তার হাতের লম্ব দূরত্ব কমে যায়, ফলে জড়তার ভ্রামকও কমে যায়। তাই কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ($I_1\omega=I_2\omega_2$) অনুসারে নর্তকীর কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পায়।

গ



এখানে,
বস্তুর ভর, $M_1 = 4$ kg
$M_2 = 2$ kg
M_1 এর আদিবেগ,
$u_1 = 5\ ms^{-1}$
M_2 এর আদিবেগ,
$u_2 = 0\ ms^{-1}$
M_1 এর শেষবেগ,
$v_1 = 2\ ms^{-1}$
$\theta_1 = 45°$
M_2 এর শেষবেগ v_2 এবং $\theta_2 = ?$

v_1 বেগের অনুভূমিক ও উলম্ব উপাংশ যথাক্রমে $v_1\cos\theta_1$ ও $v_1\sin\theta_1$

v_2 বেগের অনুভূমিক ও উলম্ব উপাংশ যথাক্রমে $v_2\cos\theta_2$ ও $-v_2\sin\theta_2$ (ঋণাত্মক Y অক্ষ বরাবর)

x অক্ষ বরাবর ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$M_1u_1 + M_2u_2 = M_1v_1\cos\theta_1 + M_2v_2\cos\theta_2$

বা, $4 \times 5 + 2 \times 0 = 4 \times 2\cos45° + 2v_2\cos\theta_2$

বা, $v_2\cos\theta_2 = 7.899$ ... ... (i)

আবার, Y অক্ষ বরাবর ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$0 = M_1v_1\sin\theta_1 + M_2v_2\sin\theta_2$ [y অক্ষ বরাবর আদিবেগের উপাংশ শূন্য]

বা, $0 = 4 \times 2\sin45° - 2v_2\sin\theta_2$

বা, $v_2\sin\theta_2 = 3.404$ ... ... (ii)

(ii) ÷ (i) হতে পাই,

$$\tan\theta_2 = \frac{3.404}{7.899}$$

বা, $\theta_2 = \tan^{-1}(0.431) = 23.32°$

(i) নং হতে পাই,

$$v_2 = \frac{7.899}{\cos\theta_2} = \frac{7.899}{\cos 23.32°} = 8.6\ ms^{-1}$$

সুতরাং, M_2 ভরের বস্তুটি X অক্ষের ধনাত্মক দিকের সাথে 23.32° কোণে 8.6 ms^{-1} বেগে গতিশীল হবে। **(Ans.)**

ঘ গাড়িটির আদিবেগ u হলে

এখানে,
গাড়ির ভর, m = 1500 kg
গতিশক্তি, $E_k = 2 \times 10^4$ J
বাকের ব্যাসার্ধ, r = 80 m
রাস্তার প্রস্থ, d = 4 m
দুই পাশের উচ্চতার পার্থক্য, h = 0.6 m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
ধরি, রাস্তার ব্যাংকিং কোণ θ

$$E_k = \frac{1}{2}mu^2 = 2 \times 10^4$$

বা, $u = \sqrt{\frac{2 \times E_k}{m}}$

বা, $u = \sqrt{\frac{2 \times 2 \times 10^4}{1500}} = 5.164\ ms^{-1}$

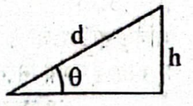
বেগ কমিয়ে $\frac{1}{3}$ অংশ করায়

বাঁক নেওয়ার সময়

বেগ, $v = \frac{u}{3} = \frac{5.164}{3} = 1.721\ ms^{-1}$

এখন, $\sin\theta = \frac{h}{d}$

বা, $\theta = \sin^{-1}\frac{h}{d} = \sin^{-1}\frac{0.6}{4} = 8.63°$



আবার, বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ v_m হলে

$$\tan\theta = \frac{v_m^2}{rg}$$

বা, $v_m = \sqrt{rg\tan\theta} = \sqrt{80 \times 9.8 \times \tan 8.63°} = 10.9\ ms^{-1}$

এখানে, $v < v_m$

সুতরাং ড্রাইভার নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৪১ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ❚ প্রশ্ন নং ২

900 kg ভরের একটি গাড়ি 4200 J গতিশক্তি সহ যাচ্ছিল। হঠাৎ গাড়িটি সামনে 120 m ব্যাসার্ধের বাঁক দেখতে পায়। রাস্তায় কোন ব্যাংকিং নাই। গাড়ির চাকা ও রাস্তার ঘর্ষণ গুণাঙ্ক 0.4।

ক. সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য বিবৃত কর। ১
খ. "যদি সংঘর্ষের পর দুটি বস্তু মিলিত হয়, তাহলে সংঘর্ষটি কি স্থিতিস্থাপক হবে?" ব্যাখ্যা কর। ২
গ. বাঁকা রাস্তায় গাড়ির কেন্দ্রমুখী ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. সর্বোচ্চ বেগে রাস্তার বাঁক অতিক্রম করতে হলে গাড়ির চালককে গাড়ির বেগ কত পরিবর্তন করতে হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখাও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেকোনো অক্ষের সাপেক্ষে কোনো সমতল পাতলা পাতের জড়তার ভ্রামক পাতটির ভারকেন্দ্রগামী তার সমান্তরাল অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক এবং পাতের ভর ও ঐ দুই অক্ষের মধ্যবর্তী লম্ব দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টির সমান।

খ যে সংঘর্ষে দুটি বস্তু পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে একটি বস্তু রূপে চলতে থাকে অর্থাৎ যে সংঘর্ষের ফলে বস্তু দুটির আপেক্ষিক বেগ শূন্য হয় এবং বস্তুগুলোর মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় না, তাকে পূর্ণ অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। দেখা যায়, দুটি বস্তু সংঘর্ষের পর মিলিত হয়ে চললে সংঘর্ষের আগে মোট গতিশক্তি ও সংঘর্ষের পরে মোট গতিশক্তি সমান হয় না।

সুতরাং যদি সংঘর্ষের পর দুটি বস্তু মিলিত হয়, তাহলে সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হবে না।

গ ১৬(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.0777 ms^{-2}।

ঘ ১৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** সর্বোচ্চ বেগে রাস্তার বাঁক অতিক্রম করতে হলে গাড়ির চালককে তার বেগ (21.68 – 3.055) বা 18.62 ms^{-1} বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪২ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ❚ প্রশ্ন নং ৪

নাবিল স্ক্যানিয়া বাস রংপুর থেকে ঢাকা 1.5×10^6 J গতিশক্তি নিয়ে চলছে। 75 m ব্যাসার্ধের বাঁক দেখতে পেয়ে চালক বাসটির বেগ $\frac{1}{3}$ অংশ করল। রাস্তার দুই পাশের উচ্চতার ব্যবধান 0.6 m ও রাস্তার প্রশস্থ 4 m। (যাত্রীসহ গাড়ির ভর 4000 kg)

ক. আয়ত একক ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. একই কক্ষপথের দুটি ভিন্ন ভরের উপগ্রহের বেগ কি একই নাকি ভিন্ন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের বাঁকে ব্যাংকিং কোণের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বাস চালক নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক অক্ষ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তাদেরকে আয়ত একক ভেক্টর বলে।

খ আমরা জানি, m ভরের কোন উপগ্রহ যদি r ব্যাসার্ধের কক্ষপথে v বেগে ঘুরে তাহলে, কেন্দ্রমুখী বল, $F_C = \frac{mv^2}{r}$

এবং মহাকর্ষীয় বল, $F_G = \frac{GMm}{r^2}$

উপগ্রহটি নিজ অবস্থানে থাকতে হলে $F_C = F_G$ হবে।

অর্থাৎ, $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$

বা, $v^2 = \frac{GM}{r}$

$\therefore v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

সমীকরণটি হতে দেখা যায়, উপগ্রহের গতিবেগ উপগ্রহের ভর m এর উপর নির্ভরশীল নয়। অর্থাৎ একই কক্ষপথে স্থাপিত দুটি ভিন্ন ভরের উপগ্রহের বেগ একই হবে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8.62°।

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নিরাপদে বাঁক নেয়ার জন্য সর্বোচ্চ বেগ 10.55 ms^{-1}; যা বাসটির বেগ 27.38 ms^{-1} থেকে কম। তাই বাসটি নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৩ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২

একটি 4400 kg ভরের মোটর গাড়ি 200 m ব্যাসার্ধের বাঁকা রাস্তায় 60 km/hr বেগে চলছে।

ক. স্থিতি কোণ কাকে বলে? ১

খ. কৌণিক ভরবেগের নিত্যতা সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২

গ. এই বেগে চলার জন্য রাস্তাটির ব্যাংকিং কোণ কত হওয়া উচিত? ৩

ঘ. যদি টায়ার ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ গুণাংক 0.5 হয়, তবে গাড়িটি সর্বোচ্চ কত বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অনুভূমিকের সাথে কোনো তল যে কোণ উৎপন্ন করলে আনত তলের ওপরই কোনো বস্তু গতিশীল হওয়ার উপক্রম হয়, সেই কোণকে ঐ তলে বস্তুটির স্থিতি কোণ বলে।

খ কোন ব্যবস্থার উপর প্রযুক্ত নিট টর্ক শূন্য হলে, ব্যবস্থাটির মোট কৌণিক ভরবেগ ধ্রুব থাকে অর্থাৎ সংরক্ষিত হয়। এটিই কৌণিক ভরবেগের নিত্যতা বা সংরক্ষণ সূত্র। জড়তার ভ্রামক I ও কৌণিক বেগ ω হলে, কৌণিক ভরবেগ $L = I\omega$, টর্ক, $\frac{dL}{dt} = I\alpha$। টর্ক $\tau = 0$ হলে, $\frac{dL}{dt} = 0$ বা, L = ধ্রুবক বা, $L_1 = L_2$ বা, $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$ এটি কৌণিক ভরবেগের নিত্যতার গাণিতিক রূপ।

গ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8.066°।

ঘ ১৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ব্যাংকিং না থাকলে গাড়িটি সর্বোচ্চ 112.7 km/hr বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৪ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩

30° কোণে আনত একটি তলে একটি নিরেট সিলিন্ডার গড়িয়ে উপরে উঠছে। আনত তলের নিচের বিন্দুতে সিলিন্ডারটির ভরকেন্দ্রের বেগ 5 ms^{-1}।

ক. টর্ক কী? ১

খ. যদি সমান ভরের দুটি বস্তুর মধ্যে সংঘর্ষ হয়, তবে তারা বেগ বিনিময় করে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সিলিন্ডারটি তল বরাবর কত দূরত্ব উপরে উঠবে? ৩

ঘ. তলটির নিম্ন বিন্দুতে ফিরে আসতে এটি কত সময় নিবে? ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাই টর্ক।

খ দুটি সমান ভরের বস্তুর জন্য স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$mu_1 + mu_2 = mv_1 + mv_2$

এবং $\frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$

এখানে m হলো বস্তু দুইটির ভর, u_1 ও u_2 বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পূর্বের বেগ এবং v_1 ও v_2 হলো বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পরের বেগ।

উপরের সমীকরণ দুইটি থেকে আমরা পাই,

$u_1 - v_1 = v_2 - u_2$………(1)

এবং $u_1^2 - v_1^2 = v_2^2 - u_2^2$

বা, $(u_1 - v_1)(u_1 + v_1) = (v_2 - u_2)(v_2 + u_2)$ .... (2)

সমীকরণ (2) কে (1) দ্বারা ভাগ করে পাই,

$u_1 + v_1 = v_2 + u_2$………(3)

সমীকরণ (1) ও (3) যোগ করে পাই,

$2u_1 = 2v_2$

বা, $v_2 = u_1$

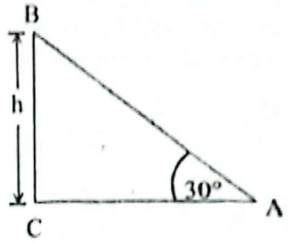
সমীকরণ (1) ও (3) বিয়োগ করে পাই,

$2u_2 = 2v_1$

বা, $v_1 = u_2$

সুতরাং, একই ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয় পরস্পর বেগ বিনিময় করে।

গ ধরি, সিলিন্ডারটি AB আনত তলের A থেকে উপরে গড়িয়ে উঠছে এবং B তে থেমে যায়। সিলিন্ডারটির তল বরাবর দূরত্ব, AB = S, উচ্চতা BC = h



এখন, B বিন্দুতে বিভবশক্তি,

$E_p = mgh$

A বিন্দুতে গতিশক্তি,

$E_k = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$

$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}mr^2\omega^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{4}m(r\omega)^2$

[নিরেট সিলিন্ডারের জড়তার ভ্রামক, $I = \frac{1}{2}mr^2$ ও $v = r\omega$]

$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{4}mv^2 = \frac{3}{4}mv^2$

শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি অনুসারে, $E_p = E_k$

বা, $mgh = \frac{3}{4}mv^2$

বা, $h = \frac{3v^2}{4g} = \frac{3 \times 5^2}{4 \times 9.8}$

$\therefore h = 1.91$ m

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
সিলিন্ডারের ভরকেন্দ্রের বেগ, $v = 5\ ms^{-1}$
আনত তলের কোণ, $\theta = 30°$

ΔABC-এ $\sin 30° = \frac{BC}{AB}$ বা, $AB = \frac{BC}{\sin 30°}$

$= \frac{h}{0.5} = \frac{1.91}{0.5} = 3.826$ m

∴ সিলিন্ডারটি AB বরাবর S = 3.826 m দূরত্ব উপরে উঠবে। **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, আনত তলে বস্তুটির সরণ, S = 3.826 m

∴ আনত তলে বস্তুর কার্যকর ত্বরণ,

$a = \frac{u^2 - v^2}{2S}$

$= \frac{5^2 - 0^2}{2 \times 3.826} = 3.267\ ms^{-2}$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 5\ ms^{-1}$
শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$

আনত তল বেয়ে উপরে উঠার ক্ষেত্রে সময় t_1 হলে,

$v = u - at_1$

বা, $0 = u - at_1$

বা, $at_1 = u$

বা, $t_1 = \frac{u}{a} = \frac{5}{3.267} = 1.53$ s

আবার, আনত তল বরাবর নিচের দিকে নামার ক্ষেত্রে সময় t_2 হলে, $s = ut_2 + \frac{1}{2}at_2^2$

বা, $3.826 = 0 \times t_2 + \frac{1}{2} \times 3.267 \times t_2^2$

বা, $t_2 = \sqrt{\frac{2 \times 3.826}{3.267}} = 1.53$ s

সুতরাং, সিলিন্ডারটি তলটির নিম্ন বিন্দুতে ফিরে আসতে মোট (1.53 + 1.53) s বা 3.06 s সময় নিবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৫ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৩

500 gm ভরের একটি বস্তু সুতার সাহায্যে বেঁধে উলম্ব তলে 60 cm ব্যাসের বৃত্তাকার পথে 5 ms^{-1} সুষম বেগে ঘুরছে। [$g = 9.8\ ms^{-2}$]

ক. টর্ক কী? ১

খ. একজন নর্তকী ঘুরার সময় হাত সংকুচিত করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বস্তুর ওপর ক্রিয়াশীল কেন্দ্রবিমুখী বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. X অক্ষের সাথে সুতার অবস্থান যখন 30° এবং 90° হয় তখন সুতার টান গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাই টর্ক।

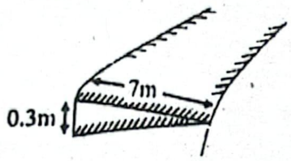
খ একজন নর্তকী নাচার সময় হাত সংকুচিত করলে বেশি বেগে ঘুরতে পারে। আমরা জানি, জড়তার ভ্রামক হচ্ছে কোনো বস্তুর ঘূর্ণন এ বাঁধা দেওয়ার প্রবণতা। জড়তার ভ্রামকের সূত্রানুসারে $I = mr^2$ অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক কোনো বস্তুর ভর এবং অক্ষ থেকে ঐ বস্তুর যেকোনো বিন্দুর লম্ব দূরত্ব এর বর্গের সমানুপাতিক। যেহেতু কোনো বস্তুর ভর অপরিবর্তনশীল, সুতরাং জড়তার ভ্রামক পরিবর্তন করতে হলে লম্ব দূরত্ব কে পরিবর্তন করতে হবে। এখন নর্তকী নাচার সময় হাত সংকুচিত করলে ঘূর্ণন অক্ষ থেকে তার হাতের লম্ব দূরত্ব কমে যায়, ফলে জড়তার ভ্রামকও কমে যায়। তাই কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ($I_1\omega = I_2\omega_2$) অনুসারে নর্তকীর কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পায়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 20.83 N।

ঘ ২৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** x অক্ষের সাপেক্ষে সুতার অবস্থান যখন 30° এবং 90° হয় তখন সুতার টান যথাক্রমে 18.38 N ও 15.93 N হয়।

প্রশ্ন ▶ ৪৬ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৪

1000 kg ভরের একটি বাস 78125 J গতিশক্তি নিয়ে 145 m ব্যাসার্ধের একটি বাঁক অতিক্রম করছে।



ক. স্থিতিস্থাপক ঘর্ষণ কাকে বলে? ১
খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বলের ক্ষেত্রে একটি বস্তুতে সাম্যাবস্থা তৈরি হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বাসটির ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বাসটি কি নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে? গাণিতিভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ঘর্ষণ দুইটি বস্তুর মধ্যে সংস্পর্শের সময় কোন গতিশক্তির অপচয় হয় না তাকে স্থিতিস্থাপক ঘর্ষণ বলে।

খ যদিও ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীতমুখী বল তবুও এরা সাম্য প্রতিষ্ঠা করে না, এর কারণ হলো ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল একই বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে না। সাম্য প্রতিষ্ঠার শর্ত হলো, সংশ্লিষ্ট বলগুলো একই বস্তুর ওপর প্রযুক্ত হতে হবে। বলের সাম্যাবস্থায় বস্তুর গতীয় অবস্থার পরিবর্তন ঘটে না। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল দুটি ভিন্ন বস্তুর ওপর ক্রিয়া করায় উভয় বস্তুর গতীয় অবস্থার পরিবর্তন ঘটে।

গ ২৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ব্যাসটির ভরবেগ 12500 $kgms^{-1}$।

ঘ ২৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** উক্ত ক্ষেত্রে নিরাপদে বাঁক নেয়ার জন্য সর্বোচ্চ বেগ 7.8 ms^{-1}; যা বাসের বেগ 12.5 ms^{-1} থেকে বেশি। তাই বাসটি নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৩

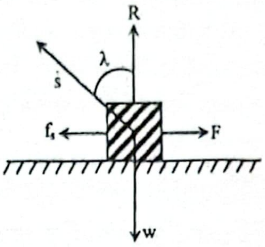
2.5 kg ভর ও 50 cm দৈর্ঘ্যের একটি সরু সুষম দণ্ড একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘুরছে।

ক. নিশ্চল কোন কাকে বলে? ১
খ. ঘর্ষণ কোণের ট্যানজেন্ট ঘর্ষণ সহগের সমান ব্যাখ্যা করা। ২
গ. যদি ঘূর্ণন অক্ষ দন্ডটির মধ্যবিন্দু দিয়ে অতিক্রম করে তবে দন্ডটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি দন্ডটির একপ্রান্ত থেকে ঘূর্ণন অক্ষ দণ্ডের দৈর্ঘ্যের দুই-তৃতীয়াংশ দূরে হয়, তবে চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় করা কি সম্ভব? তোমার মতামত দাও। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অনুভূমিকের সাথে কোনো তল যে কোণ উৎপন্ন করলে আনত তলের উপরস্থ কোনো বস্তু গতিশীল হওয়ার উপক্রম হয় সে কোণকে ঐ তলে বস্তুটির স্থিতি বা নিশ্চল কোণ বলে।

খ সীমান্তিক ঘর্ষণের ক্ষেত্রে অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া এবং ঘর্ষণ বলকে সংযোজন করলে যে লব্ধি প্রতিক্রিয়া বল পাওয়া যায় সেটি অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়ার সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে ঘর্ষণ কোণ বলে।



চিত্রে সীমান্তিক ঘর্ষণ বল f_s ও অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া R কে সংযোজন করে লব্ধ প্রতিক্রিয়া s পাওয়া গেল। এ লব্ধ প্রতিক্রিয়া s ও অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া R এর মধ্যবর্তী কোণ λ হচ্ছে ঘর্ষণ কোণ।

এখন, $R = s\cos\lambda$ ও $f_s = s\sin\lambda$

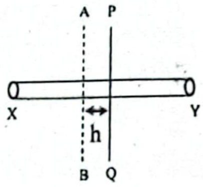
আমরা জানি, স্থিতি ঘর্ষণ গুণাংক, $\mu_s = \frac{f_s}{R} = \frac{s\sin\lambda}{s\cos\lambda}$

$\therefore \mu_s = \tan\lambda$

অর্থাৎ, ঘর্ষণ কোণের ট্যানজেন্ট ঘর্ষণ সহগের সমান।

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.0521 kgm^2।

ঘ দেওয়া আছে,
সুষম দন্ডটির ভর, M = 2.5 kg
সুষম দন্ডটির দৈর্ঘ্য, L = 50 cm = 0.5 m
দন্ডটির ঘূর্ণন অক্ষ একপ্রান্ত থেকে দৈর্ঘ্যের দুই-তৃতীয়াংশ দূরে হলে—



মনে করি, PQ অক্ষটি দন্ডটির এক প্রান্ত, X থেকে দুই-তৃতীয়াংশ দূরে

$\therefore$ X প্রান্ত থেকে PQ অক্ষের দূরত্ব $= \left(0.5 \times \frac{2}{3}\right)$

আবার, AB অক্ষটি দন্ডটির ভারকেন্দ্র

$\therefore$ X প্রান্ত থেকে AB অক্ষের দূরত্ব $= \left(0.5 \times \frac{1}{2}\right)$

$\therefore$ দূরত্ব $h = \left(0.5 \times \frac{2}{3}\right) - \left(0.5 \times \frac{1}{2}\right)$

এখন AB অক্ষ থেকে PQ অক্ষের দূরত্ব h হলে সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য প্রয়োগ করে পাই,

$$I_{PQ} = I_{AB} + Mh^2$$

$$\text{বা, } I_{PQ} = \frac{1}{12}ML^2 + Mh^2$$

$$= \frac{1}{12} \times 2.5 \times (0.5)^2 + 2.5 \times \left[\left(0.5 \times \frac{2}{3}\right) - \left(0.5 \times \frac{1}{2}\right)\right]^2$$

$$= 0.06944 \text{ kgm}^2$$

চক্রগতির ব্যাসার্ধ, K হলে $I = MK^2$

$$\text{বা, } K = \sqrt{\frac{I}{M}} = \sqrt{\frac{0.06944}{2.5}} = 0.1667 \text{ m}$$

$\therefore$ যদি দণ্ডটির একপ্রান্ত থেকে ঘূর্ণন অক্ষ দণ্ডের দৈর্ঘ্যের দুই-তৃতীয়াংশ দূরে হয়, তবে চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৪৮ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ‖ প্রশ্ন নং ২

একটি ভারী চাকার ভর 40 kg এবং জড়তার ভ্রামক 4000 $kg–m^2$। চাকাটি প্রতি সেকেন্ডে 2 বার ঘুরছে। এক ব্যক্তি চাকাটিকে 70 সেকেন্ডে থামানোর জন্য 400 Nm বাধাদানকারী টর্ক প্রয়োগ করলেন।

ক. কেন্দ্রমুখী বল কী? ১
খ. ঘূর্ণনরত বস্তুর কৌণিক বেগ একই হওয়া সত্ত্বেও রৈখিক বেগ ভিন্ন ভিন্ন কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. চাকাটির কৌণিক ভরবেগ কত? ৩
ঘ. ঐ ব্যক্তি উদ্দীপকের উল্লিখিত নির্দিষ্ট সময়ে চাকাটি থামাতে সক্ষম হবে কি? বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো বস্তু একটি বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন ঐ বৃত্তের কেন্দ্র অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে গতিশীল রাখে তাই কেন্দ্রমুখী বল।

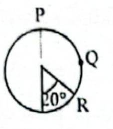
খ আমরা জানি কৌণিক বেগ (ω) এবং রৈখিক বেগের (v) সম্পর্ক হলো: $v = \omega r$; সুতরাং, ω ধ্রুবমানের হলেও r-এর মানের ওপর নির্ভর করে v-এর মান বিভিন্ন হতে পারে।

একটি ঘূর্ণায়মান বস্তুর সকল বিন্দুর কৌণিক বেগ একই, কিন্তু কেন্দ্র হতে বস্তুটির বিভিন্ন বিন্দুর দূরত্ব বিভিন্ন রকম। একারণে সমদ্রুতিতে ঘূর্ণায়মান বস্তুর বিভিন্ন কণার কৌণিক বেগ একই হওয়া সত্ত্বেও রৈখিক বেগ ভিন্ন ভিন্ন হয়।

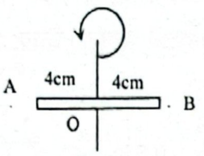
গ ৩৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 50265.48 kgm^2s^{-1}।

ঘ ৩৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ব্যক্তিটি 70 s এ চাকাটিকে থামাতে সক্ষম হবেন না। চাকাটি থামাতে তার 125.67 s সময় প্রয়োজন হবে।

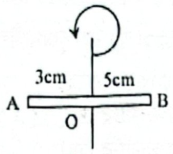
প্রশ্ন ▸ ৪৯ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৩



চিত্র-১



চিত্র-২



চিত্র-৩

চিত্র-১ এ একটি 0.05 kg ভরের পাথরকে 1 m দীর্ঘ সুতার এক প্রান্তে বেঁধে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে এক মিনিটে 120 বার ঘুরানো হচ্ছে। চিত্র-২ ও চিত্র-৩ এ উভয় দণ্ডের ভর 200 gm।

ক. সংনম্যতা কাকে বলে? ১

খ. একটি স্টিল তারের উপর প্রযুক্ত বল এবং ব্যাসার্ধ যদি দ্বিগুণ করা হয়, তবে ইয়ং এর গুণাংকের কী পরিবর্তন হবে?— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্র-১ এর P, Q ও R বিন্দুতে সুতার টান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের চিত্র-২ ও চিত্র-৩ এর উভয় দণ্ডের মধ্যে কোনটির জড়তার ভ্রামক বেশি হবে— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

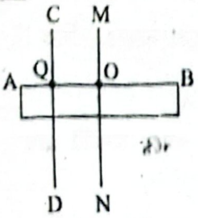
৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নের অনুপাতকে সংনম্যতা বলে।

খ একটি স্টিল তারের উপর প্রযুক্ত বল এবং তারের ব্যাসার্ধ যদি দ্বিগুণ করা হয়, তবে এর ইয়ং গুণাংকের কোনো পরিবর্তন হবে না। কারণ ইয়ং এর গুণাংক বস্তুর উপাদানের বৈশিষ্ট্য। এটি প্রযুক্ত বল, ব্যাসার্ধ বা আদি দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে না। প্রযুক্ত বল এবং ব্যাসার্ধ দ্বিগুণ করলে দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতি এমনভাবে ঘটবে যাতে পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত সর্বদা স্টিলের ইয়ং এর গুণাংকের সমান হয়। তাই উপাদান একই থাকায় স্টিল তারের বল ও ব্যাসার্ধ পরিবর্তন করলেও ইয়ং এর গুণাংকের কোনো পরিবর্তন হবে না।

গ ২৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** P, Q ও R বিন্দুতে সুতার টান যথাক্রমে 7.4 N, 7.89 N ও 8.356 N

ঘ মনে করি, চিত্র-২ এর অক্ষটি MN এবং চিত্র-৩ এর অক্ষটি CD।



দেওয়া আছে,

AB দণ্ডের ভর, $M = 200\ gm = 0.2\ kg$

$\therefore$ দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $\ell = AB = (4 + 4) = (3 + 5) = 8\ cm = 0.08\ m$

CD ও MN এর দূরত্ব,

$PQ = h = (4 + 3) = 1\ cm = 0.01\ m$

আমরা জানি,

AB দণ্ডের মধ্যবিন্দু দিয়ে ও দৈর্ঘ্যের লম্বভাবে গমনকারী MN অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডের জড়তার ভ্রামক, $I_{MN} = \frac{1}{12}M\ell^2 = \frac{1}{12} \times 0.2 \times (0.08)^2$

$$= 1.066 \times 10^{-4}\ kgm^2$$

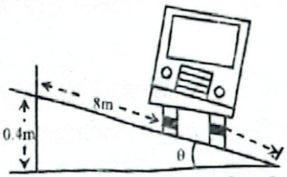
এখন, $CD \perp AB$ হওয়ায় $CD \parallel MN$

$\therefore$ সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য অনুসারে CD অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডের জড়তার ভ্রামক, $I_{CD} = I_{MN} + Mh^2 = 1.066 \times 10^{-4} + 0.2 \times (0.01)^2$

$$= 1.266 \times 10^{-4}\ kgm^2$$

এখানে, $I_{CD} > I_{MD}$। তাই চিত্র-৩ এর দণ্ডের জড়তার ভ্রামক চিত্র-২ এর তুলনায় বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫০ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৩



100 m ব্যাসার্ধের একটি বাঁকে 30 kmh^{-1} বেগে বাঁক নিতে গিয়ে বাস রাস্তা থেকে ছিটকে খাদে পড়ে যায়।

ক. সীমাবদ্ধ ভেক্টর কী? ১

খ. টানা অপেক্ষা ঠেলা কষ্টকর কেনো ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত রাস্তায় ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে বাসটি খাদে পড়ে যাওয়ার কারণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

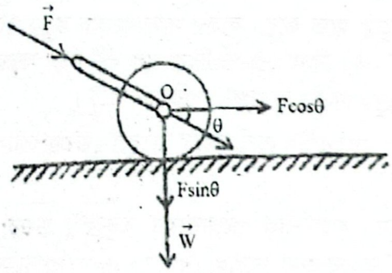
ক যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট বা যে ভেক্টরের পাদবিন্দু ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্তন করা যায় না, তাই সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

খ লন রোলার ঠেলার ক্ষেত্রে:

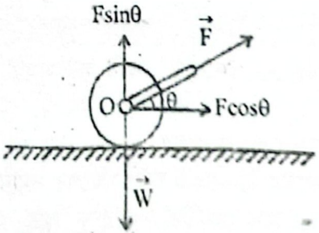
লন রোলারের ঠেলা সময় θ কোণে ভূমির সাথে F বল প্রয়োগ করা হলে তা দুইটি উপাংশে বিভক্ত হয়, যার একটি $F\sin\theta$ ওজন বরাবর কাজ করে।

$\therefore$ আপাত ওজন $= W + F\sin\theta$

এজন্য লন রোলার ঠেলার সময় আপাত ওজন বেড়ে যায় এবং লন রোলার ঠেলতে অসুবিধা হয়।



লন রোলার টানার ক্ষেত্রে:



এখানে, লন রোলার টানার সময় টান বল F এর উলম্ব উপাংশ ওজনের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে। ফলে এর লব্ধি ওজন হয় $W - F\sin\theta$ এজন্য লন রোলার টানার সময় আপাত ওজন কমে যায় ফলে, লন রোলার টানার ক্ষেত্রে সুবিধা হয়।

তাই বলা যায়, লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ।

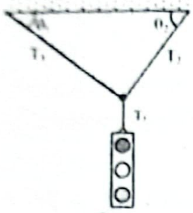
গ ১০ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 2.86°।

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর : উক্ত রাস্তায় নিরাপদে বাঁক অতিক্রমের জন্য সর্বোচ্চ বেগ 25.18 $kmhr^{-1}$ যার চেয়ে বাসের বেগ বেশি। তাই বাসটি খাদে পড়ে যায়।

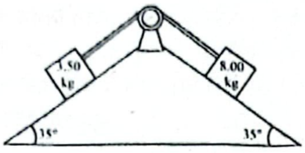
প্রশ্ন ▶ ৫১ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ২

দৃশ্যপট-১: 122 N ওজনের একটি ট্রাফিক লাইট ব্যবস্থা ১নং চিত্র অনুসারে সাম্যাবস্থাতে আছে। এখানে উপরের তারগুলি অনুভূমিকের সাথে যথাক্রমে $\theta_1 = 37.0°$ এবং $\theta_2 = 53.0°$ কোণ তৈরি করে।

দৃশ্যপট-২: দুটি বস্তুকে ২নং চিত্র অনুসারে একটি কপিকলের মাধ্যমে ঝোলানো আছে।



চিত্র-১



চিত্র-২

ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. উলম্ব তলে বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে সর্বাধিক বিন্দুতে একটি রোলার কোস্টারের উপর অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া বল ধনাত্মক হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. দৃশ্যপট ১ অনুসারে T_1, T_2 ও T_3 এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দৃশ্যপট ২ অনুসারে সুতার টান এবং সিস্টেমের ত্বরণ নির্ণয় করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াসকে জড়তার ভ্রামক বলে।

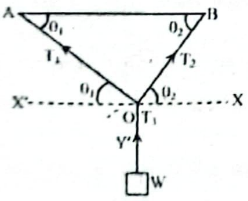
খ উলম্ব তলে বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে সর্বাধিক বিন্দুতে একটি রোলার কোস্টারের উপরে অভিলম্ব প্রক্রিয়া বল N হলে,

$$N + mg = \frac{mv^2}{r} \text{ বা, } N = \frac{mv^2}{r} - mg$$

এখন, N ধনাত্মক হবে যদি $N > 0$ বা, $\frac{mv^2}{r} - mg > 0$

বা, $v > \sqrt{rg}$ হয়। অর্থাৎ রোলার কোস্টারের বেগ যদি $\sqrt{rg}$ এর চেয়ে বেশি হয় তবে অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া বল ধনাত্মক হবে।

গ



এখানে,
কোণ, $\theta_1 = 37°$
$\theta_2 = 53°$
লাইটের ওজন,
$w = 122$ N

এখানে, $\angle OAB = \angle AOX'$ এবং $\angle ABO = \angle BOX$ [একান্তর কোণ]
এবং $\angle AOB = 180° - \theta_1 - \theta_2 = 180° - 37° - 53° = 90°$
এখানে, T_3 হবে বস্তুর ওজনের সমান, সুতরাং $T_3 = 122$ N
আবার, T_1, T_2 ও w সাম্যাবস্থা তৈরি করেছে।
সুতরাং সাম্যাবস্থায় লামির উপপাদ্য অনুযায়ী,

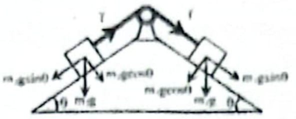
$$\frac{T_1}{\sin \angle BOY'} = \frac{T_2}{\sin \angle AOY'} = \frac{w}{\sin \angle AOB}$$

$$\text{বা, } \frac{T_1}{\sin(90° + \theta_2)} = \frac{T_2}{\sin(90° + \theta_1)} = \frac{w}{\sin 90°}$$

$$\text{বা, } \frac{T_1}{\cos\theta_2} = \frac{T_2}{\cos\theta_1} = \frac{122}{1}$$

বা, $T_1 = w\cos\theta_2 = 122 \cos 53° = 73.42$ N
এবং $T_2 = w\cos\theta_1 = 122 \cos 37° = 97.43$ N
সুতরাং $T_1 = 73.42$ N, $T_2 = 97.42$ N এবং $T_3 = 122$ N **(Ans.)**

ঘ



এখানে,
১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 8$ kg
২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 3.5$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
$\theta_1 = \theta_2 = \theta = 35°$

তল বরাবর বস্তুদ্বয়ের ওজন এর উপাংশ যথাক্রমে $m_1 g\sin\theta$ ও $m_2 g \sin\theta$
ধরি, সুতার টান T ও সিস্টেমের নিট ত্বরণ a,
$m_1 > m_2$ হওয়ায় ত্বরণ হবে m_1 বস্তুর তল বরাবর নিচের দিকে
m_1 ভরের বস্তুর ক্ষেত্রে,
তাই, $\Sigma F = m_1 a$
$m_1 g\sin\theta - T = m_1 a$ ....(1)
m_2 ভরের বস্তুর ক্ষেত্রে,
$T - m_2 g\sin\theta = m_2 a$ ....(2)
(1) + (2) হতে পাই,
$m_1 g\sin\theta - m_2 g\sin\theta = (m_1 + m_2)\, a$

$$\text{বা, } a = \frac{g\sin\theta\,(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} = \frac{9.8 \times \sin 35°\,(8 - 3.5)}{8 + 3.5} = 2.199 \text{ ms}^{-2}$$

$T = m_2 g\sin\theta + m_2 a = m_2(g\sin\theta + a) = 3.5 \times (9.8 \sin 35° + 2.199) = 27.37$ N
সুতরাং, সুতার টান 27.37 N এবং সিস্টেমের ত্বরণ 2.199 ms^{-2}।

প্রশ্ন ▶ ৫২ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৩

একটি রেস কার (Race Car) সমদ্রুতিতে গতিশীল থেকে 45.7 m সুষম ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার লেভেল পথে 15.2 sec -এ নিরাপদে একটি পূর্ণ ঘূর্ণন দিতে পারে।

ক. সংঘর্ষের ক্ষেত্রে প্রত্যয়নী সহগ কাকে বলে? ১

খ. নিউটনের ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া বলের বৈশিষ্ট্য লিখ। ২

গ. গাড়ির সমদ্রুতি, কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, স্পর্শনীয় ত্বরণের মান কত? ৩

ঘ. নিরাপদে ঘূর্ণনের জন্য রাস্তা এবং গাড়ীর টায়ারের মধ্যে ঘর্ষণ গুণাঙ্ক নির্ণয় সম্ভব কি? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সংঘর্ষের আগে ও পরে দুটি বস্তুর আপেক্ষিক বেগের অনুপাত, যা নির্ধারণ করে সংঘর্ষ কতটা স্থিতিস্থাপক তাকে প্রত্যয়নী সহগ বলে।

খ নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র থেকে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়। এই সূত্রমতে, প্রত্যেকটি ক্রিয়ারই সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া রয়েছে। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সবসময় দুইটি ভিন্ন বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে। প্রতিক্রিয়া বলটি ততক্ষণ থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত ক্রিয়া বলটি থাকবে। ক্রিয়া থেমে গেলে প্রতিক্রিয়াও থেমে যাবে। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বস্তুগুলোর সাম্যবস্থায় বা গতিশীল অবস্থায় থাকা বা একে অপরের সংস্পর্শে থাকা বা না থাকার ওপর নির্ভরশীল নয়।

গ আমরা জানি,
বৃত্তাকার পথে গতিশীল গাড়ীর কৌণিক বেগ,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{15.2} \text{ rads}^{-1}$$

$$\text{সুতরাং দ্রুতি, } v = \omega r = \frac{2\pi}{15.2} \times 45.7$$

বা, $v = 18.89$ ms^{-1}
কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, $a_c = \omega^2 \cdot r$

$$\text{বা, } a_c = \left(\frac{2\pi}{15.2}\right)^2 \times 45.7$$

$= 7.8$ ms^{-2}

এখানে,
বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ,
$r = 45.7$ m
একটি পূর্ণ ঘূর্ণনে সময়,
$T = 15.2$ sec
সমদ্রুতি, $v = ?$
কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, $a_c = ?$
স্পর্শনীয় ত্বরণ, $a = ?$
কৌণিক ত্বরণ, $\alpha = ?$

সমদ্রুতিতে ঘূর্ণায়মান গাড়ীটির কৌণিক ত্বরণ থাকবে না (শুধু মান বিবেচনায়)। অর্থাৎ, $\alpha = 0$

তাই স্পর্শনীয় ত্বরণ, $a_t = r\alpha = r.0 = 0$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, $F_c = \frac{mv^2}{r}$

এবং রাস্তার ঘর্ষণজনিত বল,

$F_f = \mu g$

নিরাপদে ঘূর্ণনের জন্য

$F_c = F_f$

বা, $\frac{mv^2}{r} = \mu g$

বা, $\mu = \frac{v^2}{rg}$

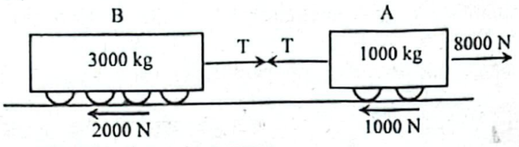
এখানে,
বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 45.7$ m
সময়, $t = 15.2$ sec
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
কারটির ভর, m
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, μ
'গ' হতে প্রাপ্ত,
রৈখিক বেগ,
$v = 18.89\ ms^{-1}$

$\therefore \mu = \frac{(18.89)^2}{45.7 \times 9.8} = 0.797$

অতএব ঘর্ষণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৫৩ ঢাকা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৫

A হলো ট্রাক এবং B হলো লরি। এরা যে রশি দ্বারা সংযুক্ত তা সর্বোচ্চ 6000 N টান সহ্য করতে পারে। এরা একই সমত্বরণে সামনের দিকে গতিশীল।



ক. বলের ভারসাম্য কাকে বলে? ১
খ. নিউটনের গতিসূত্রের দুটি সীমাবদ্ধতা লিখ। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে ট্রাকটির ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. যদি ট্রাকটির ভর 2000 kg হতো (ট্রাকের ঘর্ষণ বলের পরিবর্তন হয় নাই ধরে) তাহলে কি রশিটি ছিঁড়ে যেত— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বস্তুর কোন বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বলসমূহের ভেক্টর যোগফল যদি শূন্য হয়, তবে তাকে বলের ভারসাম্য বলে।

খ নিউটনের গতিসূত্রের দুটি সীমাবদ্ধতা—

১. আলোর বেগের কাছাকাছি বেগ সম্পন্ন বস্তুর গতির ক্ষেত্রে নিউটনের গতিসূত্র প্রয়োগ করা যায় না।
২. অণু-পরমাণুর মধ্যে যে সকল মৌলিক কণা রয়েছে, নিউটনের গতিসূত্র তাদের বেগ ব্যাখ্যা করতে পারে না।

গ লরির ক্ষেত্রে,

$T - f_B = m_B a$ ...... (i)

ট্রাকের ক্ষেত্রে,

$F - T - f_A = m_A a$ ....(ii)

(i) + (ii) করে পাই—

$F - f_B - f_A = (m_B + m_A) a$

বা, $a = \frac{F - f_B - f_A}{m_A + m_B}$

$= \frac{8000 - 2000 - 1000}{1000 + 3000}$

$= 1.25\ m/s^2$ **(Ans.)**

এখানে,
ট্রাকের ভর, $m_A = 1000$ kg
ট্রাকের তলে ঘর্ষণ বল,
$f_A = 1000$ N
লরির ভর, $m_B = 3000$ kg
লরির তলে ঘর্ষণ বল,
$f_B = 2000$ N
প্রযুক্ত বল, $F = 8000$ N
ট্রাকের ত্বরণ = লরির ত্বরণ, $a = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই,

বা, $a = \frac{F - f_B - f_A}{m'_A + m_B}$

$= \frac{8000 - 2000 - 1000}{2000 + 3000}$

$= 1\ m/s^2$

লরির ক্ষেত্রে,

$T - f_B = m_B a$

বা, $T = m_B a + f_B$

$= (3000 \times 1 + 2000)$ N

$= 5000\ N < T_{max}$

এখানে, পরিবর্তিত ক্ষেত্রে,
ট্রাকের ভর, $m'_A = 2000$ kg
ট্রাকের তলে ঘর্ষণ বল,
$f_A = 1000$ N
লরির ভর, $m_B = 3000$ kg
লরির স্পর্শতলে ঘর্ষণ বল,
$f_B = 2000$ N
রশির সহ্যসীমা, $T_{max} = 6000$ N

$\therefore$ রশিটি ছিঁড়ে যেত না।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং

একটি রাস্তা 115 m ব্যাসার্ধে বাঁক নিয়েছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি 5 চওড়া এবং ভেতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 0.4 m উঁচু। রা ঘর্ষণ সহগ 0.2 এবং ঐ স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ $g = 9.8\ ms^{-2}$।

ক. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি লিখ।
খ. হাত গুটানো বা প্রসারিত অবস্থায় ঘুরলে কোন ক্ষেত্রে কৌণি বেগ বেশি হবে? ব্যাখ্যা করো।
গ. রাস্তার ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো।
ঘ. যদি ঐ বাঁকে ব্যাংকিং না থাকে তবে সর্বোচ্চ কত বেগে স্থানে নিরাপদে বাঁক নেওয়া সম্ভব? গাণিতিকভাবে যাচাই কর

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো ব্যবস্থার ওপর প্রযুক্ত নিট বাহ্যিক বল বা টর্ক শূ হয়, তখন ব্যবস্থাটির যথাক্রমে মোট রৈখিক ভরবেগ বা কৌণি ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

খ হাত গুটানো অপেক্ষা হাত প্রসারিত অবস্থায় কোনো ঘূর্ণায়মা ব্যক্তির ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক বেড়ে যায়। কৌণি ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হতে আমরা পাই, $I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$। ফলে, জড়তার ভ্রামক I কমলে কৌণিক বেগ বাড়ে এবং I বাড়ে কৌণিক বেগ কমে।

তাই হাত গুটানো অবস্থায়, প্রসারিত অবস্থা অপেক্ষা কৌণিক বে বেশি হবে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4.59°।

ঘ বৃত্তাকার পথে চলার মুহূর্তে ঐ পথের কেন্দ্র বরাবর ক্রিয়াশী কেন্দ্রবিমুখী বল ঘর্ষণ দ্বারা সৃষ্ট বলের সমান হলেই কেবল গাড়িটি উল্টে বৃত্তাকার পথ পাড়ি দিতে পারবে।

অর্থাৎ,

$F_C = \mu_s mg$

বা, $\frac{mv^2_{max}}{r} = \mu_s mg$

বা, $V_{max} = \sqrt{\mu_s rg}$

$= \sqrt{0.2 \times 115 \times 9.8}$

$= 15\ ms^{-1}$

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
ব্যাসার্ধ, $r = 115$ m
ঘর্ষণ সহগ, $\mu = 0.2\ ms^{-2}$

গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায় এক্ষেত্রে ব্যাংকিং কোণ না থাক সর্বোচ্চ $15\ ms^{-1}$ বেগে নিরাপদে বাঁক নেওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং

0.2 kg ভরের একটি বস্তুকে 90 cm দৈর্ঘ্যের একটি সুতার সাহা বেঁধে প্রতি মিনিটে 100 বার উলম্বভাবে ঘোরানো হচ্ছে—

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. নিজ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনশীল একজন ব্যক্তির জড়তার ভ্রা অর্ধেক হলে, তার কৌণিক বেগ দ্বিগুণ হবে এর কারণ ব্যাখ্যা কর।
গ. উদ্দীপকের বস্তুটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর।
ঘ. ঘূর্ণনশীল অবস্থায় যদি বস্তুটি ভেঙে অর্ধেক হয়ে যায় তা এটি প্রতি মিনিটে 150 বারের চেয়ে কত বেশি ঘুরবে বলে তু মনে কর? গাণিতিক বিশ্লেষণ পূর্বক মতামত দাও।

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ কোন সিস্টেমে বাইরে থেকে কোন টর্ক প্রযুক্ত না হলে কৌণিক ভরবেগের (L) কোন পরিবর্তন হয় না। নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোন ব্যক্তি তার হাত বা পা প্রসারিত করলে তার জড়তার ভ্রামক বেড়ে যায়, কিন্তু এতে কোন টর্ক বা ঘূর্ণন পরিবর্তনকারী বল প্রযুক্ত হয় না। তাই কৌণিক ভরবেগের কোন পরিবর্তন হয় না। একইভাবে ব্যক্তি যদি তার অঙ্গপ্রত্যঙ্গকে অক্ষের দিকে চাপিয়ে আনার চেষ্টা করে, তবে তার জড়তার ভ্রামক কমে যায় এবং কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীলতার সূত্রানুযায়ী তার কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পায়। $L = I\omega$ সূত্রানুসারে I এর মান অর্ধেক $\left(\frac{I}{2}\right)$ হলে L অপরিবর্তিত রাখার জন্য $L = I\omega = \left(\frac{I}{2}\right)(2\omega)$ হবে। অর্থাৎ কৌণিক বেগের মান দ্বিগুণ হবে।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $1.696\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$।

ঘ 'গ' হতে পাই,

১ম ক্ষেত্রে কৌণিক ভরবেগ, $L_1 = 1.696\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$

২য় ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক,

$$I_2 = m'r^2 = 0.1 \times 0.9^2 = 0.081\ \text{kgm}^2$$

এখানে,
বস্তুর পরিবর্তিত ভর, $m' = \frac{0.2}{2} = 0.1\ \text{kg}$
সুতার দৈর্ঘ্য, $r = 90\ \text{cm} = 0.9\ \text{m}$
ধরি, ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_1 = 150$
২য় ক্ষেত্রে কৌণিক বেগ = ω

কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী

$L_1 = L_2$

বা, $1.696 = I_2 \times \omega_2$

বা, $\omega_2 = \frac{1.696}{I_2} = \frac{1.696}{0.081} = 20.94\ \text{rads}^{-1}$

সুতরাং, প্রতি মিনিটে তথা, $t = 60$ s এ ঘূর্ণন সংখ্যা,

$$N_2 = \frac{\omega_2 \times 60}{2\pi} = \frac{20.94 \times 60}{2\pi} = 200 \text{ বার}$$

$N_2 - N_1 = 200 - 150$ বার $= 50$ বার

সুতরাং, এটি প্রতি মিনিটে 150 বারের চেয়ে 50 বার বেশি ঘুরবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৬ বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮

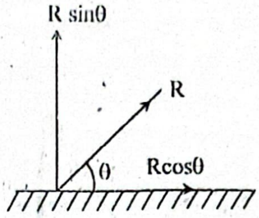
অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে আনত একটি তলে রক্ষিত 5 kg ভরের স্থির বস্তুর উপর 36.5 N বল তল বরাবর উপরের দিকে 4 সেকেন্ড ধরে ক্রিয়া করে। বলের ক্রিয়া বন্ধ হওয়ার পর বস্তুটি আরও কিছুদূর অগ্রসর হয়ে আবার পিছনের দিকে ফিরে আসতে শুরু করে। তলের ঘর্ষণ বল 2 N।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. হাঁটার সময় আমাদের পায়ের দ্বারা প্রযুক্ত বলের বিশ্লেষণ কর। ২
গ. উদ্দীপকের বস্তুটির উপর অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বস্তুটি ১ম থেকে মোট কত দূরত্ব অতিক্রম করার পর আবার পিছনে আসতে শুরু করবে? ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

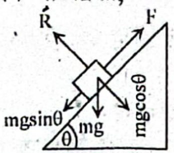
ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ হাঁটার সময় আমাদের পা দ্বারা অভিলম্বের সাথে তির্যকভাবে ভূমিতে বল প্রয়োগ করা হয়, নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে এই বলের বিপরীতে সমান একটি প্রতিক্রিয়া বল তৈরি হয়। এই প্রতিক্রিয়া বল R এর দুটি উপাংশ থাকে; অনুভূমিক বরাবর $R\cos\theta$ ও উলম্ব বরাবর $R\sin\theta$। $R\sin\theta$ ওজনের বিপরীতে কাজ করে এবং অনুভূমিক উপাংশ $R\cos\theta$ এর কারণে আমরা হাঁটতে সক্ষম হই।



গ

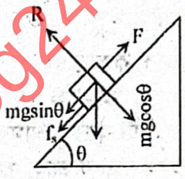
অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া,



$R = mg\cos\theta$
$= 5 \times 9.8 \times \cos 30°$
$= 42.435$ N (Ans.)

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 5$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
অনুভূমিকের সাথে কোণ, $\theta = 30°$
অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া, $R = ?$

ঘ



এখানে,
তলের ঘর্ষণ বল, $f_s = 2$ N
প্রযুক্ত বল, $F = 36.5$ N
প্রযুক্ত সময়, $t = 4$ s
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
বস্তুর ভর, $m = 5$ kg
অনুভূমিকের সাথে তলের কোণ, $\theta = 30°$
আদিবেগ, $u = 0\ \text{ms}^{-1}$

বস্তুটির উপর 4 s প্রযুক্ত বল কার্যকর হওয়ায় এই সময়ে এই বলের বিপরীতে ঘর্ষণ বল ও তল বরাবর অভিকর্ষ বলের উপাংশ কাজ করে। বস্তুর ত্বরণ a হলে,

আমরা জানি,

$\sum F = ma$

বা, $F - f_s - mg\sin\theta = ma$

বা, $a = \frac{F - f_s - mg\sin\theta}{m}$

$= \frac{36.5 - 2 - 5 \times 9.8 \sin 30°}{5}$

$\therefore a = 2\ \text{ms}^{-2}$

এই 4 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব s_1 হলে,

$$s_1 = ut + \frac{1}{2}at^2 = 0 \times 4 + \frac{1}{2} \times 2 \times (4)^2 = 16\ \text{m}$$

4 s পর বেগ u_1 হলে,

$u_1 = u + at = 0 + 2 \times 4 = 8\ \text{ms}^{-1}$

4 s পর বস্তুটি থেকে প্রযুক্ত বল অপসারণ করা হয় তাই বস্তুর গতির 'বিপরীতে শুধু অভিকর্ষ বলের তল বরাবর উপাংশ ও ঘর্ষণ বল কাজ করবে। এই সময় মন্দন a′ হলে,

$\sum F = ma'$

বা, $mg\sin\theta + f_s = ma'$

বা, $a' = \frac{mg\sin\theta + f_s}{m} = \frac{5 \times 9.8 \times \sin 30° + 2}{5} = 5.3\ \text{ms}^{-2}$

বস্তুটি তল বরাবর উপরে উঠতে উঠতে এই মন্দনের কারণে থেমে যাবে। তখন শেষ বেগ, $v = 0\ \text{ms}^{-1}$

সুতরাং, অতিক্রান্ত দূরত্ব s_2 হলে,

$v^2 = u_1^2 - 2a's_2$

বা, $s_2 = \frac{u_1^2 - v^2}{2a'} = \frac{8^2 - 0^2}{2 \times 5.3} = 6.04\ \text{m}$

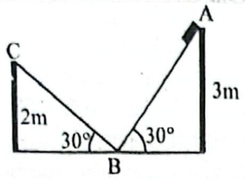
সুতরাং, তল বরাবর মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = s_1 + s_2$

বা, $s = 16 + 6.04 = 22.04$ m

বেগ শূন্য হয়ে গেলে বস্তুটি ফিরে আসা শুরু করবে।

সুতরাং, উদ্দীপকের বস্তুটি ১ম থেকে মোট 22.04 m দূরত্ব অতিক্রান্ত করার পর আবার পিছনে আসতে শুরু করবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ ঢাকা সিটি কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২



উদ্দীপকের চিত্রের 50 gm ভরের একটি বস্তু A বিন্দু হতে ছেড়ে দেয়া হলে গড়িয়ে AB পথ ধরে এসে BC পথের দিকে গতিশীল হয়। AB তলটি মসৃণ এবং BC তলের গতীয় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক 0.25।

ক. অবস্থান ভেক্টর কী? ১

খ. দরজার হাতল মাঝে না রেখে প্রান্তে রাখা হয় কেন?– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বস্তুটি কত ত্বরণে AB পথে গতিশীল হবে? ৩

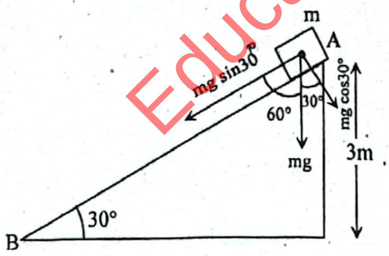
ঘ. A বিন্দু হতে বস্তুটি ছেড়ে দেয়ার পর C বিন্দুতে পৌছাতে পারবে কি না? উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে তা যাচাই কর। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাই অবস্থান ভেক্টর।

খ দরজা খোলা বা বন্ধ করার সময় দরজার কব্জার সাপেক্ষে একে ঘুরানো হয়। অর্থাৎ দরজার হাতলে প্রযুক্ত বল কব্জাকে কেন্দ্র করে দরজার উপর টর্ক সৃষ্টি করে যা দরজায় ঘূর্ণন সৃষ্টি করে। আমরা জানি, টর্ক $\underline{\tau} = \underline{r} \times \underline{F}$, তাই কব্জা থেকে হাতলের দূরত্ব যত বাড়বে, সমান বল প্রয়োগে টর্ক তথা ঘূর্ণনও তত বাড়বে। তাই দরজার হাতল মাঝে না রেখে প্রান্তে রাখা হয়।

গ



AB পথ মসৃণ হওয়ায় বল, $F = ma = mg \sin 30°$

$\therefore$ ত্বরণ, $a = g\sin30°$

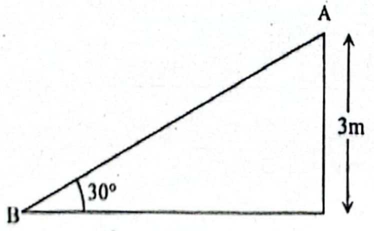
$= 9.8 \times \sin 30°$

$= 4.9\ ms^{-2}$

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
AB পথে ত্বরণ, $a = ?$

অর্থাৎ AB পথের ত্বরণ $4.9\ ms^{-2}$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত, AB পথের ত্বরণ, $a = 4.9\ ms^{-2}$



AB পথের দৈর্ঘ্য, $s = \frac{3}{\sin (30°)} m = 6$ m

আমরা জানি, $v^2 = u^2 + 2as$

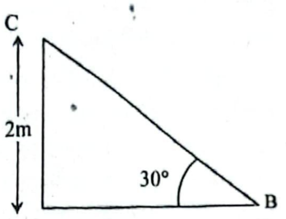
বা, $v^2 = 0^2 + 2 \times 4.9 \times 6$

বা, $v = \sqrt{2 \times 4.9 \times 6}$

$= 7.67\ ms^{-1}$

এখানে,
বস্তুটির ক্ষেত্রে, A বিন্দুতে বেগ,
$u = 0\ ms^{-1}$
B বিন্দুতে বেগ, $v = ?$

BC পথের ক্ষেত্রে–



মনে করি, ন্যূনতম C বিন্দুতে পৌছানোর জন্য C বিন্দুতে বেগ, $v_c = 0\ ms^{-1}$।

এখন, $v_c{}^2 = v^2 - 2a's'$

বা, $0^2 = v^2 - 2a's'$

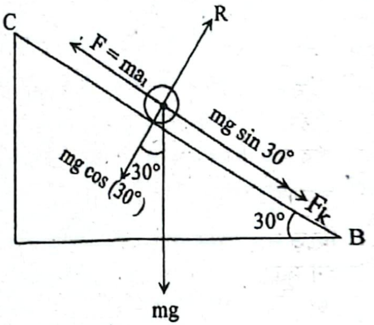
বা, $v^2 = 2a's'$

বা, $a' = \frac{v^2}{2s'} = \frac{(7.67)^2}{2 \times 4}$

$= 7.35\ ms^{-2}$

এখানে,
সরণ, $s' = \frac{2}{\sin 30°} = 4$ m
B বিন্দুতে বেগ, $v = 7.67\ ms^{-1}$
BC পথে মন্দন, $a' = ?$

অর্থাৎ, BC পথের মন্দন $7.35\ ms^{-2}$ বা এর কম হলে বস্তুটি C বিন্দুতে পৌছাতে পারবে।



BC পথের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$F = mg \sin 30° + F_k$

বা, $ma_1 = mg\sin 30° + F_k$

এখন,

BC পথের মন্দন,

$$a_1 = \frac{mg \sin(30°) + F_k}{m}$$

$$= \frac{mg \sin (30°) + \mu_k R}{m} \quad [\because F_k = \mu_k R]$$

$$= \frac{mg \sin (30°) + \mu_k.mg \cos (30°)}{m}$$

$= g \sin (30°) + \mu_k g \cos (30°)$

$= 9.8 \times \sin(30°) + 0.25 \times 9.8 \times \cos (30°)$

$= 7.021\ ms^{-2}$

$\therefore a_1 < 7.35\ ms^{-2}$

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
BC তলের গতীয় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_k = 0.25$

অর্থাৎ, A বিন্দু হতে বস্তুটিকে ছেড়ে দেয়ার পর বস্তুটি C বিন্দুতে পৌছাতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ ঢাকা সিটি কলেজ ▌প্রশ্ন নং

সার্কাস রিং মাস্টার 70 cm দৈর্ঘ্যের একটি দড়ির সাহায্যে 240 gm ভরের একটি বস্তুকে প্রতি মিনিটে 120 বার বৃত্তাকার পথে আনুভূমিকভাবে ঘুরাচ্ছে। হঠাৎ বস্তুটির দুই-তৃতীয়াংশ খুলে মাটিতে পড়ে যায়।

ক. গ্রহ সম্পর্কিত কেপলারের ক্ষেত্রফলের সূত্রটি বিবৃতি কর।

খ. পৃথিবীর কেন্দ্র হতে দূরত্বের সাথে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তনের লেখচিত্র অংকন কর।

গ. বস্তুটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. অবশিষ্ট অংশ নিয়ে বস্তুটিকে প্রতি মিনিটে একই সংখ্যকবার বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণণশীল রাখতে চাইলে রিং মাস্টারের কী ব্যবস্থা নিতে হবে? উদ্দীপকের আলোকে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

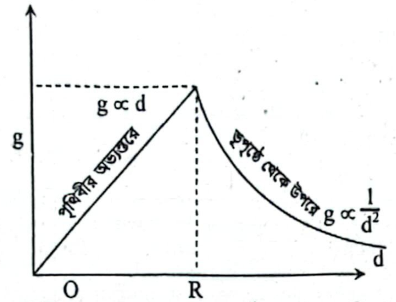
ক গ্রহ এবং সূর্যের সংযোজক সরলরেখা সমান সময়ে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করে।

খ পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত অভিকর্ষজ ত্বরণ 'g' নির্ণয়ের সমীকরণ হলো— $g = \frac{4}{3}\pi\rho G(R-h) = \frac{4}{3}\pi\rho G d$

যেখানে, পৃথিবীর ঘনত্ব 'ρ' এবং মহাকর্ষীয় ধ্রুবক 'G' হলো ধ্রুবক। কেন্দ্র থেকে দূরত্ব 'd' চলক হওয়ায়, $g \propto d$

আবার, ভূপৃষ্ঠ থেকে উপরের দিকে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{GM}{d^2}$

এখানে, মহাকর্ষীয় ধ্রুবক 'G' এবং পৃথিবীর ভর 'M' ধ্রুবক হওয়ায়, $g \propto \frac{1}{d^2}$



এক্ষেত্রে পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত অভিকর্ষজ ত্বরণ দূরত্বের সমানুপাতে পরিবর্তিত হয় কিন্তু ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উপরের দিকে অভিকর্ষজ ত্বরণ দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর অনুরূপ। **উত্তর:** $1.4778\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$

ঘ প্রশ্নানুসারে ছিড়ে যাওয়ার পরও N = 120 এবং t = 60 s। কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে,

$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$

বা, $m_1 l_1^2 \frac{2\pi N}{t} = m_2 l_2^2 \frac{2\pi N}{t}$

বা, $l_2^2 = \frac{m_1}{m_2} l_1^2$

$= \frac{0.24}{0.08} \times 0.7^2$

$= 1.47$

বা, $l_2 = \sqrt{1.47} = 1.21\ \text{m}$

এখানে,
শুরুতে দড়ির দৈর্ঘ্য,
$l_1 = 70\ \text{cm} = 0.7\ \text{m}$
পূর্বে ভর, $m_1 = 240\ \text{g} = 0.24\ \text{kg}$
দুই-তৃতীয়াংশ
ছিড়ে যাওয়ায় বর্তমানে বস্তুর ভর,
$m_2 = \left(\frac{1}{3} \times 240\right) \text{g}$
$= 80\ \text{g} = 0.08\ \text{kg}$
সময়, t = 60 s
ঘূর্ণন সংখ্যা, N = 120

পরিবর্তিত পরিস্থিতিতে ঘূর্ণন সংখ্যা একই রাখতে হলে দৈর্ঘ্য (1.21 – 0.7) m = 0.51 m বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৯ বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ২

একজন ব্যক্তি 300 গ্রাম ভরের একটি বস্তুকে 70 cm দৈর্ঘ্যের একটি রশির এক প্রান্তে বেঁধে অনুভূমিক তলে বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 60 বার ঘুরাচ্ছে। হঠাৎ বস্তুটির এক-তৃতীয়াংশ খুলে পড়ে গেলে তিনি তাৎক্ষণিকভাবে রশির দৈর্ঘ্য 10 cm কমিয়ে এবং প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা 10 বার বৃদ্ধি করে বস্তুটির অবশিষ্টাংশকে ঘুরাতে থাকেন।

ক. বলের ঘাত কাকে বলে? ১

খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল পরস্পরকে প্রশমিত করে না— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রাথমিক অবস্থায় বস্তুটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. পরিবর্তিত অবস্থায় রশির উপর প্রযুক্ত টানের কীরূপ পরিবর্তন করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

২৭ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৬০ বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৩

60 kg ভরের একজন নৃত্যশিল্পী দুহাত প্রসারিত করে মিনিটে 20 বার ঘুরতে পারেন। তিনি একটি সংগীতের সাথে তাল মেলানোর চেষ্টা করছিলেন।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী? ১

খ. নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোনো ব্যক্তির জড়তার ভ্রামক অর্ধেক হলে কৌণিক গতি দ্বিগুণ হয়— এর তাৎপর্য লেখ। ২

গ. নৃত্যশিল্পীকে সংগীতের সাথে ঐকতানিক হতে মিনিটে 30 বার ঘুরলে জড়তার ভ্রামকদ্বয়ের তুলনা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের নৃত্যশিল্পীর পরিবর্তিত কৌণিক গতিশক্তি দ্বিগুণ হবে কি? বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বই চক্রগতির ব্যাসার্ধ।

খ কোন সিস্টেমে বাইরে থেকে কোন টর্ক প্রযুক্ত না হলে কৌণিক ভরবেগের (L) কোনো পরিবর্তন হয় না। নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোন ব্যক্তি তার হাত বা পা প্রসারিত করলে তার জড়তার ভ্রামক বেড়ে যায়, কিন্তু এতে কোনো টর্ক বা ঘূর্ণন পরিবর্তনকারী বল প্রযুক্ত হয় না। তাই কৌণিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। একইভাবে ব্যক্তি যদি তার অঙ্গপ্রত্যঙ্গকে অক্ষের দিকে চাপিয়ে আনার চেষ্টা করে, তবে তার জড়তার ভ্রামক কমে যায় এবং কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীলতার সূত্রানুযায়ী তার কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পায়। $L = I\omega$ সূত্রানুসারে I এর মান অর্ধেক $\left(\frac{I}{2}\right)$ হলে L অপরিবর্তিত রাখার জন্য $L = I\omega = \left(\frac{I}{2}\right)(2\omega)$ হয়। অর্থাৎ কৌণিক গতি দ্বিগুণ হয়।

গ কৌণিক ভরবেগের নিত্যতা—

সূত্রানুযায়ী, $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$

বা, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\frac{2\pi N_2}{t}}{\frac{2\pi N_1}{t}}$

বা, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{30}{20} = \frac{3}{2}$

বা, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{3}{2}$ **(Ans.)**

এখানে,
১ম ক্ষেত্রে ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_1 = 20$
২য় ক্ষেত্রে, ঘূর্ণনসংখ্যা, $N_2 = 30$
সময়, t = 1 min = 60 s
কৌণিক বেগ, $\omega_1 = \frac{2\pi N_1}{t}$
এবং $\omega_2 = \frac{2\pi N_2}{t}$
ধরি, জড়তার ভ্রামক যথাক্রমে I_1 ও I_2।

ঘ 'গ' হতে পাই, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{3}{2}$ বা, $I_2 = \frac{2}{3} I_1$

১ম ক্ষেত্রে,

ঘূর্ণন গতিশক্তি, $K_1 = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2$

২য় ক্ষেত্রে,

ঘূর্ণন গতিশক্তি, $K_2 = \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2$

$= \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times I_1 \times \left(\frac{3}{2}\omega_1\right)^2$

$= \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times \frac{9}{4} \times I_1 \omega_1^2$

$= \frac{3}{2} \times \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2$

$= \frac{3}{2} \times K_1$

এখানে,
১ম ক্ষেত্রে, ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_1 = 20$
২য় ক্ষেত্রে, ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_2 = 30$
সময়, t = 1 min = 60 s
সুতরাং, কৌণিক বেগ, $\omega_1 = \frac{2\pi N_1}{t}$
এবং $\omega_2 = \frac{2\pi N_2}{t}$
বা, $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\frac{2\pi N_2}{t}}{\frac{2\pi N_1}{t}} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{30}{20} = \frac{3}{2}$
বা, $\omega_2 = \frac{3}{2}\omega_1$

বা, $K_2 = 1.5K_1$ অর্থাৎ $K_2 \neq 2K_1$

উদ্দীপকের নৃত্যশিল্পীর পরিবর্তিত কৌণিক গতিশক্তি দ্বিগুণ হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৬১ বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২

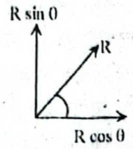
একটি চাকার ভর 70 kg এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.75 m। চাকাটি মিনিটে 180 বার ঘুরছে। এক ব্যক্তি চাকাটিকে 2 মিনিটে থামানোর জন্য 300 Nm বাধাদানকারী টর্ক প্রয়োগ করলেন।

ক. টর্ক কাকে বলে? ১
খ. বালির উপর দিয়ে হাঁটা কষ্টসাধ্য হয় কেন? ২
গ. চাকাটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. ঐ ব্যক্তি উদ্দীপকে উল্লিখিত সময়ে চাকাটি থামাতে পারবে কিনা? বিশ্লেষণ কর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ আমরা যখন সাধারণ মাটিতে হাঁটি, তখন আমাদের পা মাটিতে যদি $\vec{F}$ বল প্রয়োগ করে বা ধাক্কা দেয়, তাহলে মাটি এ বলের প্রতিক্রিয়া হিসেবে মানবদেহের ওপর $\vec{R}$ বল প্রয়োগ করে।



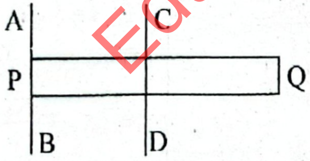
$\vec{R}$ এর উল্লম্ব উপাংশ, Rsinθ আমাদের ওজনের সাথে সাম্যাবস্থায় থাকে এবং অনুভূমিক উপাংশ Rcosθ এর জন্য আমরা সামনে এগিয়ে চলি।

কিন্তু বালিতে হাঁটার সময় আমরা পা দিয়ে বল প্রয়োগ করলে বালি মাটির ন্যায় দৃঢ় নয় বলে সরে যায় এবং কম প্রতিক্রিয়া বল দেয়। ফলে সামনে এগিয়ে যাওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় বলের তুলনায় প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশ কম হয়। এ কারণেই বালির উপর দিয়ে হাঁটা কষ্টসাধ্য।

গ ৩৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $742.2\ kgm^2s^{-1}$

ঘ ৩৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** চাকাটি থামাতে সময়ের প্রয়োজন 2.5 s। সুতরাং ব্যক্তিটি 2 মিনিটের আগেই চাকাটি থামাতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ৬২ ঢাকা ইম্পিরিয়াল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২



চিত্রে PQ একটি দণ্ড। এর ভর 6 kg এবং দৈর্ঘ্য 30 cm। AB ও CD দুটি ঘূর্ণন অক্ষ। CD অক্ষটি দণ্ডটির ভরকেন্দ্র ও মধ্যবিন্দু দিয়ে যায়। AB অক্ষ সাপেক্ষে দণ্ডটি মিনিটে 60 বার ঘুরে।

ক. সংরক্ষণশীল বল কী? ১
খ. টর্কের দিক ব্যাখ্যা কর। ২
গ. AB অক্ষ সাপেক্ষে দণ্ডটির ঘূর্ণন গতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের দণ্ডটির এক-তৃতীয়াংশ কেটে ফেলে দিলে CD ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক নির্ণয় করা সম্ভব কি না?– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাই সংরক্ষণশীল বল।

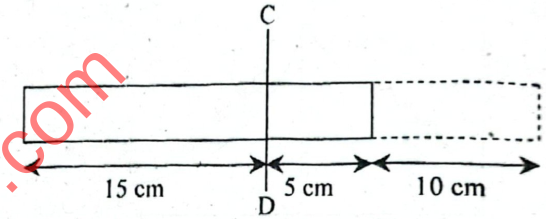
খ টর্ক, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ সমীকরণ অনুসারে, r ও F যে তলে অবস্থিত, τ এর দিকে হবে ঐ তলের অভিলম্ব বরাবর। ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘূর্ণনের জন্য τ এর দিক হবে উপর দিকে এবং ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘূর্ণনের জন্য τ এর দিক হবে নিচের দিকে।

গ আমরা জানি,
সরু ও সুষম দণ্ডে এক প্রান্ত দিয়ে এবং দৈর্ঘ্যের লম্বভাবে গমনকারী AB অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক I হলে,

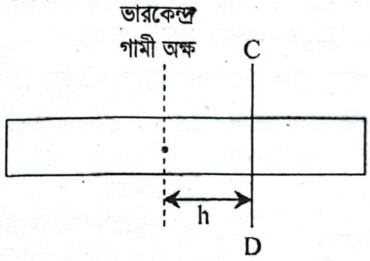
$$I = \frac{ml^2}{3}$$
$$= \frac{6 \times (0.3)^2}{3}$$
$$= 0.18\ kg\ m^2$$
$$\therefore E_k = \frac{1}{2} I\omega^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 0.18 \times (2\pi)^2$$
$$= 3.55\ J\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
দণ্ডের ভর, $m = 6\ kg$
দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l = 30\ cm = 0.3\ m$
ঘূর্ণন সংখ্যা, $n = 60$,
সময়, $t = 60\ s$
কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 60}{60} = 2\pi$ rad
ঘূর্ণন গতিশক্তি, $E_k = ?$

ঘ এখানে,
দেওয়া আছে, দণ্ডটির দৈর্ঘ্য, L = 30 cm
দণ্ডটির এক-তৃতীয়াংশ কেটে ফেলে দিলে দণ্ডটির নতুন দৈর্ঘ্য $L' =$
$= 30 \times \frac{1}{3} = 20$ cm



এখন দণ্ডটির দৈর্ঘ্য, L′ = 20 cm হওয়ায় দণ্ডটির ভারকেন্দ্র প্রান্ত থেকে 10 cm দূরে অবস্থিত হবে।



এখন, সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য অনুসারে CD অক্ষের সাপেক্ষে জড় ভ্রামক হবে।

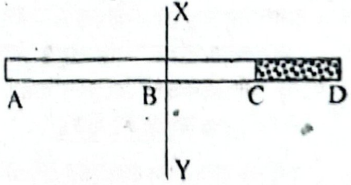
$$I_{CD} = I_G + M'h^2$$
$$= \frac{1}{12} M'L'^2 + M'h^2$$
$$= \frac{1}{12} \times 4 \times (0.2)^2 + 4 \times (0.05)^2$$
$$= 0.0233\ kg\ m^2$$

এখানে,
এক তৃতীয়াংশ কেটে ফেলায়
দণ্ডের ভর, $M' = 6 - 6 \times \frac{1}{3} = 4$
নতুন দৈর্ঘ্য, $L' = 20\ cm = 0.2$
ভারকেন্দ্রগামী অক্ষ থেকে CD অক্ষদ্বয়ের লম্ব দূরত্ব,
$h = 5\ cm = 0.05\ m$

∴ দণ্ডটির এক তৃতীয়াংশ কেটে ফেলে দিলে CD অক্ষের সাপে জড়তার ভ্রামক নির্ণয় করা সম্ভব, যার মান $0.0233\ kgm^2$।

প্রশ্ন ▸ ৬৩ মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং

সাফা 20 gm ভরের বস্তুকে 20 cm দৈর্ঘ্যের সুতায় বেঁধে মিনিটে 20 ঘুরাচ্ছে। অপরদিকে সাবাবা 0.4 kg ভরের AD সুষম দণ্ডকে চি ন্যায় XY অক্ষের সাপেক্ষে মিনিটে 30 বার ঘুরাচ্ছে। কিছুক্ষণ পর দ CD অংশটি ভেঙে বিচ্ছিন্ন হওয়ার পরেও সাবাবা দণ্ডটিকে পূ কৌণিক বেগে ঘুরাতে থাকল। [AB = BD = 20 cm, CD = 10 cm]



ক. টর্ক কাকে বলে? ১

খ. শুধুমাত্র ঘর্ষণের উপর নির্ভর করে কোনো সাইকেল আরোহীর নিরাপদে বাঁক নেয়ার ব্যবস্থা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সাফার ক্ষেত্রে ঘূর্ণনরত বস্তুটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. CD অংশ বিচ্ছিন্ন হওয়ার পর দণ্ডটির গতিশক্তি সাফার বস্তুর গতিশক্তির সমান হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ দেখাও। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে টর্ক বলে।

খ শুধুমাত্র ঘর্ষণের উপর নির্ভর করে সাইকেল আরোহীর নিরাপদে বাঁক নেয়ার ব্যবস্থা করা যায়। ধরি, সাইকেলসহ আরোহীর ভর m, অভিকর্ষজ ত্বরণ g, বাঁকের ব্যাসার্ধ r, গতীয় ঘর্ষণ গুণাংক u_k এবং সাইকেলের বেগ v। সুতরাং অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া $R = mg$ এবং গতীয় ঘর্ষণ বল, $f_k = \mu_k R = \mu_k mg$ সাইকেল বৃত্তাকার পথে চললে কেন্দ্রবিমুখী বল, $F_c = \frac{mv^2}{r}$। সাইকেলটি ছিটকে পড়া থেকে রক্ষা পেতে হলে, $f_k = F_c$ হতে হবে।

অর্থাৎ, $\mu_k mg = \frac{mv^2}{r}$ বা, $v = \sqrt{\mu_k rg}$

অর্থাৎ, μ_k ঘর্ষণমুক্ত রাস্তায় সাইকেলের বেগ $\sqrt{\mu_k rg}$ হলে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে।

গ আমরা জানি,

জড়তার ভ্রামক,

$I = mr^2 = 0.02 \times (0.2)^2$

$= 8 \times 10^{-4}$ kgm^2

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 20$ gm $= 0.02$ kg

বস্তুটির বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ,

$r = 20$ cm

$= 0.2$ m

ঘ 'গ' হতে পাই, সাফার বস্তুটির জড়তার ভ্রামক, $I_1 = 8 \times 10^{-4}$ kgm^2

সাফার ক্ষেত্রে,

$\omega_1 = \frac{2\pi N_1}{t_1}$

$= \frac{2\pi \times 20}{60}$

$= 2.094$ rads^{-1}

সাফার বস্তুর গতিশক্তি,

$K_1 = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2$

$= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-4} \times (2.094)^2$

$= 1.754 \times 10^{-3}$ J

এখানে,

সময়, $t_1 = 1$ min $= 60$ s

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_1 = 20$ বার

সাবাবার ক্ষেত্রে,

সময়, $t_2 = 60$ s

ঘূর্ণনসংখ্যা, $N_2 = 30$ বার

$AB = BD = 20$ cm $= 0.2$ m

$CD = 10$ cm $= 0.1$ m

সুতরাং, $BC = BD - CD = 0.2 - 0.1$

$= 0.1$ m

সাবাবার ক্ষেত্রে,

$\omega_2 = \frac{2\pi N_2}{t_2} = \frac{2\pi \times 30}{60} = 3.1416$ rads^{-1}

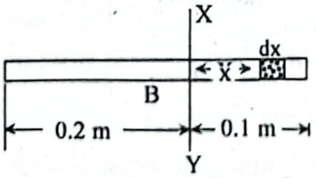
CD অংশ বিচ্ছিন্ন হওয়ার পর দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $AC = AB + BC = 0.2 + 0.1 = 0.3$ m

উদ্দীপক অনুসারে,

0.4 m দৈর্ঘ্যে দণ্ডটির ভর, 0.4 kg

সুতরাং 0.3 m দৈর্ঘ্যে দণ্ডটির ভর, $m_2' = \frac{0.4}{0.4} \times 0.3 = 0.3$ kg

দণ্ডের প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর, $\lambda = \frac{m_2'}{AC} = \frac{0.3}{0.3} = 0.1$ kg m^{-1}



সুতরাং XY-অক্ষ থেকে x দূরত্বে dx দৈর্ঘ্যের একটি ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র অংশের ভর, $dm = \lambda dx = 0.1\, dx$।

এখন, XY অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক $dI = x^2 dm$

সমীকরণটিতে $x = -0.2$ থেকে $x = 0.1$ এর মধ্যে যোগজীকরণ করলে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক পাওয়া যাবে।

$$\therefore \int dI = \int_{-0.2}^{0.1} x^2\, dm = \int_{-0.2}^{0.1} x^2 \times 0.1 dx$$

$$= 0.1 \times \int_{-0.2}^{0.1} x^2 dx = 0.1 \left[\frac{x^3}{3}\right]_{-0.2}^{0.1}$$

$$= 0.1 \times \left[\frac{0.1^3}{3} - \frac{(-0.2)^3}{3}\right] = 3 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

সুতরাং ঘূর্ণন গতিশক্তি, $K_2 = \frac{1}{2} I\omega_2^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-4} \times (3.1416)^2$

$= 1.48 \times 10^{-3}$ J

এখানে, $K_1 \neq K_2$

সুতরাং, CD অংশ বিচ্ছিন্ন হওয়ার পর দণ্ডটির গতিশক্তি সাফার বস্তুর গতিশক্তির সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৬৪ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর ▌প্রশ্ন নং ২

কোনো চাকার ভর 10 kg এবং ব্যাসার্ধ 0.5 m চাকার ঘূর্ণন বেগ 500 rpm। চাকাটিকে ঘূর্ণনরত অবস্থায় 6855 Nm বাধাদানকারী টর্ক প্রয়োগ করা হলো।

ক. আয়ত একক ভেক্টর কী? ১

খ. নৌকার গুণ টানা ব্যাখ্যা কর। ২

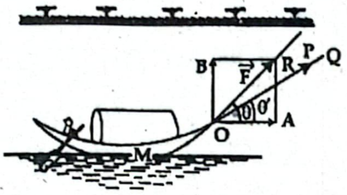
গ. চাকার ঘূর্ণন গতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চাকাটিকে 10sec এ থামানো সম্ভব হবে কিনা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক অক্ষ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, সেগুলোই হলো আয়ত একক ভেক্টর।

খ মনে করি M একটি নৌকা। এর O বিন্দুতে গুণ বেঁধে OR বরাবর নদীর পাড় দিয়ে F বলে টেনে নেওয়া হচ্ছে। বিভাজন পদ্ধতি দ্বারা O বিন্দুতে F কে দুটি উপাংশে বিভাজিত করা যায়; যথা- স্রোতের দিকের উপাংশ ও নদীর প্রস্থ বরাবর উপাংশ।



স্রোতের দিকে উপাংশ = Fcosθ, এর দিক OA বরাবর। নদীর প্রস্থ বরাবর উপাংশ Fsinθ, এর দিক OB বরাবর।

বলের উপাংশ Fcosθ, নৌকাকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যায় এবং উপাংশ Fsinθ, নৌকাটিকে পাড়ের দিকে টানে। কিন্তু নৌকার হাল দ্বারা উপাংশ, Fsinθ প্রতিহত করা হয়। গুণ যত লম্বা হবে, θ এর মান তত কম হবে; ফলে Fsinθ এর মান কম হবে এবং Fcosθ এর মান বেশি হবে। ফলে নৌকা দ্রুত সামনের দিকে এগিয়ে যাবে। অর্থাৎ গুণের রশি বেশি লম্বা হলে নৌকা বেশি দ্রুত চলবে। OP রশি দ্বারা টানলে নৌকার গতি OQ রশি দ্বারা টানার চেয়ে কম হবে। কারণ OQ রশি লম্বা এবং $\theta' < \theta$।

গ ৮(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৮(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৬৫ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর ▌প্রশ্ন নং ৪

দৃশ্যকল্প–১: 60kg ভরের একটি বক্সকে 450N অনুভূমিক বলে মেঝের উপর দিয়ে টানা হচ্ছে। বক্সটি যখন চলে তখন বক্স ও মেঝের মধ্যবর্তী ঘর্ষণ সহগ 0.50।

দৃশ্যকল্প–২: $\vec{A} = (x + 2y + 4z)\,\hat{i} + (2x - 3y - z)\,\hat{j} + (4x - y + 2z)\,\hat{k}$ একটি ভেক্টর রাশি। ◄ *অধ্যায় ২ ও ৪ এর সমন্বয়ে*

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১

খ. ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মানে না– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. দৃশ্যকল্প–১ এর বক্সের ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দৃশ্যকল্প–২ এর ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পার্কিং কক্ষপথ হলো একটি অস্থায়ী কক্ষপথ, যেখানে কোনো মহাকাশযান তার চূড়ান্ত কক্ষপথ বা গন্তব্যে যাওয়ার আগে কিছু সময় অবস্থান করে।

খ মনে করি $\vec{A}$ এবং $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যকার কোণ θ হলে, $\vec{A} \times \vec{B} = \hat{\eta}\,AB\sin\theta$

আবার, $\vec{B} \times \vec{A} = AB\sin\theta\,(-\hat{\eta}) = -AB\sin\theta\,\hat{\eta}$

অর্থাৎ, $\vec{A} \times \vec{B}$ এর দিক যা হবে $\vec{B} \times \vec{A}$ এর দিক হবে তার বিপরীতে। তাই $\vec{A} \times \vec{B}$ এবং $\vec{B} \times \vec{A}$ ভেক্টরদ্বয়ের মান সমান হলেও দিক হবে পরস্পর বিপরীত। এ কারণে $\vec{A} \times \vec{B} \neq \vec{B} \times \vec{A}$

অর্থাৎ ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চলে না।

গ বক্সটির উল্লম্ব বরাবর প্রতিক্রিয়া বল, $R = mg$

$\therefore$ ঘর্ষণ বল, $f_k = u_k R$

$= 0.5 \times mg$

$= 0.5 \times 60 \times 9.8$

$= 294$ N

এখানে,
বক্সের ভর, $m = 60$ kg
প্রযুক্ত বল, $F = 450$ N
গতি ঘর্ষণ সহগ, $u_k = 0.50$
ত্বরণ $= a$

আমরা জানি,

$\Sigma F = ma$

বা, $F - f_k = ma$

বা, $a = \dfrac{F - f_k}{m} = \dfrac{450 - 294}{60} = 2.6\ \text{ms}^{-2}$ **(Ans.)**

ঘ এখানে, $\vec{A}(x + 2y + 4z)\hat{i} + (2x - 3y - z)\hat{j} + (4x - y + 2z)\hat{k}$

$\vec{\nabla} = \dfrac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \dfrac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \dfrac{\partial}{\partial z}\hat{k}$

সুতরাং, $\vec{\nabla} \times \vec{A} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \dfrac{\partial}{\partial x} & \dfrac{\partial}{\partial y} & \dfrac{\partial}{\partial z} \\ x + 2y + 4z & 2x - 3y - z & 4x - y + 2z \end{vmatrix}$

$$= \hat{i}\left\{\frac{\partial}{\partial y}(4x - y + 2z) - \frac{\partial}{\partial z}(2x - 3y - z)\right\} - \hat{j}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(4x - y + 2z) - \frac{\partial}{\partial z}(x + 2y + 4z)\right\} + \hat{k}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(2x - 3y - z) - \frac{\partial}{\partial y}(x + 2y + 4z)\right\}$$

$= \hat{i}(-1 + 1) - \hat{j}(4 - 4) + \hat{k}(2 - 2)$

$= 0.\hat{i} - 0.\hat{j} + 0.\hat{k}$

$= 0$

যেহেতু $\vec{A}$ ভেক্টরটির কার্ল শূন্য তাই ভেক্টরটি অঘূর্ণনশীল।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▌প্রশ্ন নং ৭

A ও B দুটি রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ 200 m। A রাস্তার দুই প্রান্তের উচ্চতার পার্থক্য 1.5 m। 200kg ভরের গাড়ি নিয়ে এক ব্যক্তি A রাস্তায় সর্বোচ্চ 72 kmh^{-1} বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারলেও B রাস্তার বাঁক নিতে গিয়ে দুর্ঘটনায় পতিত হলো। B রাস্তার ব্যাংকিং কোণ না থাকায় গাড়িটি 300 N ঘর্ষণ বলের সম্মুখীন হয়।

ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A রাস্তার প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. B রাস্তায় গাড়িটি দুর্ঘটনায় পতিত হয়— উক্তিটির যথার্থতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াসকে জড়তার ভ্রামক বলে।

খ আমরা জানি,

কৌণিক ভরবেগ, $L = I\omega$

এখানে, I = জড়তার ভ্রমক এবং ω = কৌণিক বেগ

সময়ের সাপেক্ষে $L = I\omega$ কে অন্তরীকরণ করে পাই,

$\dfrac{dL}{dt} = I\dfrac{d\omega}{dt}$

বা, $\dfrac{dL}{dt} = I\alpha \left[\because \dfrac{d\omega}{dt} = \alpha\right]$

বা, $\dfrac{dL}{dt} = \tau$

এখন, $\tau = 0$ অর্থাৎ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক শূন্য হলে, $\dfrac{dL}{dt} = 0$

সুতরাং L = ধ্রুবক।

অর্থাৎ বস্তুর উপর প্রযুক্ত টর্ক শূন্য হলে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন হয় না। এটিই কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীলতার নীতি।

গ A রাস্তার প্রস্থ x ও ব্যাংকিং কোণ θ হলে $\sin\theta = \dfrac{h}{x}$ ……………… (i)

আমরা জানি, $\tan\theta = \dfrac{v^2}{rg}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\dfrac{v^2}{rg}\right)$

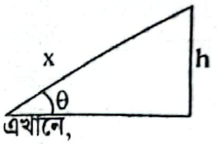
$= \tan^{-1}\left(\dfrac{20^2}{200 \times 9.8}\right)$

$= 11.5346°$

(i) থেকে পাই, $x = \dfrac{h}{\sin\theta}$

$= \dfrac{1.5}{\sin(11.5346°)}$

$= 7.50$ m **(Ans.)**



এখানে,
সর্বোচ্চ বেগ,
$v = 72\ \text{kmhr}^{-1}$
$= \dfrac{72 \times 1000}{3600}\ \text{ms}^{-1}$
$= 20\ \text{ms}^{-1}$
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200$m
রাস্তার দুই প্রান্তের উচ্চতর পার্থক্য, $h = 1.5$ m
ব্যাংকিং কোণ, $\theta = ?$

ঘ B রাস্তায় ব্যাংকিং না থাকায় ঘর্ষণ বল বাঁক অতিক্রম করার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়।

B রাস্তায় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক μ_s হলে,

$F_s = \mu_s R$

বা, $F_s = \mu_s mg$

বা, $\mu_s = \dfrac{F_s}{mg} = \dfrac{300}{200 \times 9.8} = 0.153$

এখানে,
ঘর্ষণ বল, $F_s = 300$N
গাড়ির ভর, $m = 200$kg

আবার,

$\dfrac{mv_{max}^2}{r} = \mu_s R = \mu_s mg$

বা, $\dfrac{v_{max}^2}{r} = \mu_s g$

বা, $v_{max}^2 = \mu_s rg$

বা, $v_{max} = \sqrt{\mu_s rg}$

$= \sqrt{0.153 \times 200 \times 9.8}$

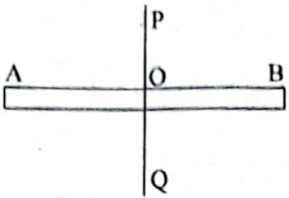
$= 17.317\ \text{ms}^{-1}$

এখানে,
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200$m
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_s = 0.153$
গাড়ির বেগ, $v = 72\text{km hr}^{-1}$
$= 20\ \text{ms}^{-1}$

দেখা যাচ্ছে, গাড়ির বেগ $v = 20\text{ms}^{-1} > v_{max}$

যেহেতু, গাড়ির বেগ ঘর্ষণযুক্ত B রাস্তায় নিরাপদে বাঁক নেয়ার জন্য প্রয়োজনীয় বেগের চেয়ে বেশি, তাই গাড়িটি 'B' রাস্তায় দুর্ঘটনায় পতিত হয়। সুতরাং, উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ ■ প্রশ্ন নং ৩



চিত্রে 500 gm ভরের একটি সরু ও সুষম দন্ড দেখানো হয়েছে যার AO = OB = 50 cm। দন্ডটিকে PQ অক্ষের সাপেক্ষে প্রতি মিনিটে 30 বার ঘুরানো হচ্ছে।

ক. গড় মুক্ত পথ কী? ১

খ. শীতের সময় সমুদ্র তীরের আবহাওয়া আরামদায়ক মনে হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 2.5 $rads^{-2}$ কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করতে দন্ডটিতে কত টর্ক প্রয়োগ করতে হবে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি দন্ডটিকে গলিয়ে 20 cm ব্যাসের পাতলা বৃত্তাকার চাকতিতে পরিণত করে তার কেন্দ্র দিয়ে পৃষ্ঠের লম্বভাবে গমনকারী অক্ষের সাপেক্ষে একই কৌণিক বেগে ঘুরানো হয় তবে গতিশক্তির পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বই হলো গড় মুক্তপথ।

খ শীতকালে সমুদ্রের পানি স্থলভাগের তুলনায় ধীরে ঠাণ্ডা হয় এবং বাতাসে ক্রমাগত জলীয় বাষ্প সরবরাহ করে। ফলে সমুদ্র তীরবর্তী এলাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি থাকে। বাতাসের বেশি আর্দ্রতা থাকার কারণে শীতের রাতে বেশি বাষ্পীভবন ঘটে না, ফলে পরিবেশ অতিরিক্ত ঠাণ্ডা হয় না। আর্দ্র বাতাস তাপ ধরে রাখে, যা শীতের সময় সমুদ্র তীরকে তুলনামূলক উষ্ণ রাখে। তাই শীতের সময় সমুদ্র তীরের আবহাওয়া আরামদায়ক মনে হয়।

গ PQ অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$I = \frac{m}{12} l^2$

$= \frac{0.5}{12} \times 1^2$

$= \frac{1}{24}$ kgm^2

এখানে,
দণ্ডের ভর, m = 500 gm = 0.5 kg
দণ্ডের দৈর্ঘ্য, l = AB = AO + OB
= 50 + 50 = 100 cm
= 1 m
কৌণিক ত্বরণ, $\alpha = 2.5$ $rads^{-2}$

$\therefore$ টর্ক, $\tau = I\alpha = \frac{1}{24} \times 2.5 = 0.1042$ Nm **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, দণ্ডটির জড়তায় ভ্রামক, $I_1 = \frac{1}{24}$ kgm^2'

কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t}$

$= \frac{2\pi \times 30}{60} = \pi$ $rads^{-1}$

দণ্ডের ক্ষেত্রে গতিশক্তি K_1 হলে;

$K_1 = \frac{1}{2} I_1 \omega^2$

$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{24} \times \pi^2$

$= 0.065$ J

এখানে,
চাকতির ভর = দণ্ডের ভর
= m = 500 gm = 0.5 kg
চাকতির ব্যাস, d = 20 cm
$\therefore$ ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = \frac{20}{2}$
= 10 cm = 0.1 m
ঘূর্ণন সংখ্যা, N = 30 বার
সময়, t = 1 min = 60 s

চাকতির জড়তার ভ্রামক, $I_2 = \frac{1}{2} mr^2$

$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 0.1^2 = 2.5 \times 10^{-3}$ kgm^2

$\therefore$ চাকতির গতিশক্তি K_2 হলে, $K_2 = \frac{1}{2} \times I_2\omega^2$

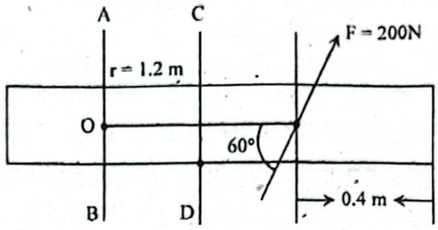
$= \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-3} \times \pi^2$

$= 0.0123$ J

গতিশক্তি হ্রাস $K_1 - K_2 = 0.065 - 0.0123 = 0.0527$ J

সুতরাং গতিশক্তির পরিবর্তন হবে এবং গতিশক্তি 0.0527 J হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ ■ প্রশ্ন নং ২



চিত্রে দন্ডটির দৈর্ঘ্য ও ভর যথাক্রমে 1.8 m এবং 20 kg। দণ্ডটির উপর O বিন্দু থেকে r দূরত্বে বল প্রয়োগ করা হয়েছে।

ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১

খ. বৃত্তাকার পথ সমদ্রুতিতে চলা সম্ভব হলেও সমবেগে চলা সম্ভব নয়। ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বল প্রয়োগের ফলে টর্কের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. AB ও CD অক্ষকে কেন্দ্র করে 3 মিনিটে 300 বার আবর্তন করলে কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন হবে কিনা তা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ দ্রুতি একটি স্কেলার রাশি। অপরদিকে বেগ একটি ভেক্টর রাশি। বেগের মান ও দিক উভয়ই যদি অপরিবর্তিত থাকে তবে তাকে সমবেগ বলে। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের সময় বেগের মান অপরিবর্তিত থাকলেও এর দিক ক্রমাগত পরিবর্তিত হয়। বেগের দিক হয় স্পর্শক বরাবর। সুতরাং বেগের মানের যেহেতু পরিবর্তন হয় না তাই সমদ্রুতিতে চলে। কিন্তু দিকের পরিবর্তন হওয়াতে বৃত্তাকার পথে সমবেগে চলা সম্ভব নয়।

গ আমরা জানি,

টর্ক,

$\tau = rF \sin\theta$

$= 1.2 \times 200 \times \sin60°$

$= 207.85$ Nm **(Ans.)**

এখানে,
বলের মান, F = 200 N
ব্যাসার্ধ, r = 1.2 m
কোণ, $\theta = 60°$
টর্ক, τ = ?

ঘ আমরা জানি,

$\omega = \frac{2\pi N}{T} = \frac{2\pi \times 300}{180} = 10.47$ $rads^{-1}$

CD তথা ভরকেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

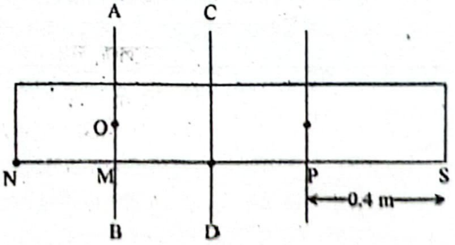
$I_G = \frac{M}{12} L^2 = \frac{20}{12} \times 1.8^2 = 5.4$ kgm^2

এখানে,
দণ্ডের ভর, M = 20 kg
ঘূর্ণন সংখ্যা, N = 300
সময়, t = 3 min = 3 × 60 = 180 s
দণ্ডের দৈর্ঘ্য, L = 1.8 m

সুতরাং, CD অক্ষের সাপেক্ষে কৌণিক ভরবেগ L_1 হলে,

$L_1 = I_G \times \omega = 5.4 \times 10.47 = 56.538$ kgm^2s^{-1}

আবার,



এখানে, $PS = 0.4m$ এবং $AP = 1.2\ m$
$MN = 1.8 - (1.2 + 0.4) = 0.2\ m$
$DN = \frac{L}{2} = \frac{1.8}{2} = 0.9m$
সুতরাং, $BD = DN - MN = 0.9 - 0.2 = 0.7\ m$
সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য অনুসারে,
$I_{AB} = I_G + M \times BD^2 = 5.4 + 20 \times 0.7^2$
$\therefore I_{CD} = 15.2\ kgm^2$
সুতরাং AB অক্ষের সাপেক্ষে কৌণিক ভরবেগ L_2 হলে,
$L_2 = I_{CD} \times \omega = 15.2 \times 10.47 = 159.144\ kgm^2s^{-1}$
সুতরাং কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন,
$\Delta L = L_2 - L_1 = 159.144 - 56.538 = 102.606\ kgm^2s^{-1}$
সুতরাং, AB ও CD অক্ষকে কেন্দ্র করে 3 মিনিটে 300 বার আবর্তন করলে কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন $102.606\ kgm^2s^{-1}$ হবে।

প্রশ্ন ▸ ৬৯ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৩

1000 kg ভরের একটি ট্রেন 78125 J গতিশক্তি নিয়ে মিটার গেজ লাইনে 300 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি বাঁক ঘুরতে লাগলো। রেললাইনের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত 0.25 m উঁচু। [$g = 9.83\ ms^{-2}$]

ক. ঘাত বল কাকে বলে? ১
খ. কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক $15\ kgm^2$ বলতে কী বুঝ? ২
গ. ট্রেনটি বাঁক নেওয়ার সময় কেন্দ্রমুখী ত্বরণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ট্রেনটি নিরাপদ ভাবে বাঁক ঘুরতে পারবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের যে বল কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয় তাকে ঘাত বল বলে।

খ কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুর জড়তার ভ্রামক $15\ kgm^2$ বলতে বুঝায় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঐ অক্ষ থেকে তাদের প্রত্যেকের লম্ব দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টি $15\ kgm^2$। অন্যভাবে বলা যায় যে, ঐ অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির $1\ rads^{-2}$ ত্বরণ সৃষ্টি করতে হলে 15 Nm টর্ক প্রয়োগ করতে হবে।

গ ১৬(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $0.521\ ms^{-2}$।

ঘ ১০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ট্রেনটি উক্ত বেগে চলার জন্য প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ 3.04°। যদি $\theta \geq 3.04°$ হয়, তবে নিরাপদভাবে বাঁক ঘুরতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ৭০ সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা ‖ প্রশ্ন নং ৩

একটি রাস্তা 115m ব্যাসার্ধের বাঁক নিয়েছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি 9m চওড়া এবং ভেতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 0.5m উঁচু। রাস্তার ঘর্ষণ সহগ 0.3 এবং $g = 9.8ms^{-2}$

ক. ঘর্ষণ কোণ কাকে বলে? ১
খ. দুটি বস্তুর সমান ভরের স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে বস্তুদ্বয় পরস্পর বেগ বিনিময় করে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ কত? ৩
ঘ. যদি ঐ বাকে ব্যাংকিং না থাকে তবে সর্বোচ্চ কত বেগে ঐ স্থানে নিরাপদে বাঁক নেওয়া সম্ভব? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সীমান্তিক ঘর্ষণের ক্ষেত্রে অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া এবং ঘর্ষণ বলকে সংযোজন করে যে লব্ধ প্রতিক্রিয়া পাওয়া যায় সেটি অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়ার সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে ঘর্ষণ কোণ বলে।

খ দুটি সমান ভরের বস্তুর জন্য স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে আমরা পাই, $mu_1 + mu_2 = mv_1 + mv_2$
এবং $\frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$
এখানে m হলো বস্তু দুইটির ভর, u_1 ও u_2 বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পূর্বের বেগ এবং v_1 ও v_2 হলো বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পরের বেগ।

উপরের সমীকরণ দুইটি থেকে আমরা পাই,
$u_1 - v_1 = v_2 - u_2 \ldots\ldots\ldots(1)$
এবং $u_1^2 - v_1^2 = v_2^2 - u_2^2$
বা, $(u_1 - v_1)(u_1 + v_1) = (v_2 - u_2)(v_2 + u_2) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$
সমীকরণ (2) কে (1) দ্বারা ভাগ করে পাই,
$u_1 + v_1 = v_2 + u_2 \ldots\ldots\ldots(3)$
সমীকরণ (1) ও (3) যোগ করে পাই,
$2u_1 = 2v_2$
বা, $v_2 = u_1$
সমীকরণ (1) ও (3) বিয়োগ করে পাই,
$2u_2 = 2v_1$
বা, $v_1 = u_2$
সুতরাং, একই ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয় পরস্পর বেগ বিনিময় করে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.185°।

ঘ ৫৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** সর্বোচ্চ 18.387 ms^{-1} বেগে নিরাপদ বাঁক নেওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৭১ কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ২

লালমাই পাহাড়ি রাস্তায় বাঁকে নিলয় 250 kg ভরের একটি গাড়ি 60 kmh^{-1} বেগে চালাচ্ছে রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ 150 m। ঐ স্থানে রাস্তাটি 6 m চওড়া এবং ভিতরের কিনারা থেকে বাইরের কিনারা 0.6 m উঁচু।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. উলম্ব বৃত্তাকার পথে পানিভর্তি বালটি ঘুরালে পানি পড়ে না— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গাড়ির কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. নিলয় রাস্তার বাঁকে নিরাপদে গাড়ি চালাতে পারবে কি-না— যাচাই করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

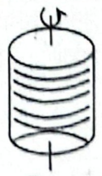
খ পানি ভর্তি পাত্র উলম্ব তলে ঘুরালে এর গতিপথ বৃত্তাকার হয়। বালতির উপর ক্রিয়াশীল কেন্দ্রবিমুখী বল এর ব্যাসার্ধ বরাবর বাইরের দিকে ক্রিয়া করে। তাই বালতিটি যখন খাড়া উপরের দিকে অবস্থান করে তখন তার পানির ওজন কাজ করে খাড়া নিচের দিকে এবং তার উপর কেন্দ্রবিমুখী বল কাজ করে খাড়া উপরের দিকে। এই কেন্দ্রবিমুখী বল ওজনের সমান বা বড় হলে তা বালতির পানির ওজনকে নিষ্ক্রিয় করে দেয়। ফলে বালতি থেকে পানি পড়ে না।

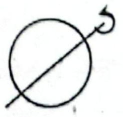
গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 463.148 N।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বাঁকে গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ হবে 43.76 kmh^{-1}। সুতরাং নিলয় রাস্তার বাঁকে নিরাপদে গাড়ি চালাতে পারবে না।

প্রশ্ন ▸ ৭২ চট্টগ্রাম কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৫

একটি কয়েনের ভর 20 gm এবং ব্যাস 2.4 cm এরূপ 25টি কয়েনকে পরস্পরের সাথে দৃঢ়ভাবে আটকিয়ে ১নং চিত্রানুযায়ী ঘুরানো হচ্ছে


চিত্র-১


চিত্র-২

ক. শূন্য কাজ কী? ১

খ. স্প্রিং কর্তৃক কৃতকাজের ক্ষেত্রে, $W = \vec{F}.\vec{S}$ সমীকরণ ব্যবহার করা যায় না কেন? ২

গ. চিত্র-১ অনুযায়ী চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যেকোনো ১টি কয়েনকে (চিত্র ২ অনুযায়ী) সমপরিমাণ টর্ক প্রয়োগে ঘুরালে কোন ক্ষেত্রে ঘূর্ণন বেশি সময় ধরে বজায় থাকবে? ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে যদি বলের দিকে সরণের উপাংশ শূন্য হয়। তবে এ বলের দ্বারা কাজই হলো শূন্য কাজ।

খ কৃতকাজ হিসেব করার ক্ষেত্রে, $W = \vec{F}.\vec{S}$ এই সূত্রটি ব্যবহার করা হয়। ধ্রুব বলের ক্ষেত্রে, স্প্রিং এর গতি হলো সরল ছন্দিত স্পন্দন। এক্ষেত্রে, বল পরিবর্তনশীল। বল হলো সরণের সমানুপাতিক। বল পরিবর্তনশীল হওয়ায় স্প্রিং কর্তৃক কৃত কাজ $W = \vec{F}.\vec{S}$ এই সূত্র দিয়ে হিসেব করা যায় না।

গ চিত্র-১ অনুযায়ী অর্থাৎ, কেন্দ্রগামী লম্ব অক্ষ বরাবর চাকতির জন্য জড়তার ভ্রামক,

$$I = \frac{Mr^2}{2} = MK^2$$

$$\therefore K^2 = \frac{r^2}{2}$$

$$\text{বা, } K = \sqrt{\frac{r^2}{2}} = \frac{r}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{1.2}{\sqrt{2}} \text{ cm}$$

$$\therefore K = 8.49 \times 10^{-3} \text{ m}$$

এখানে,

ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2}$

$= \frac{2.4}{2}$ cm

$= 1.2$ cm

অর্থাৎ, চিত্র-১ অনুযায়ী, জড়তার ভ্রামক 8.49×10^{-3} m **(Ans.)**

ঘ চিত্র-১ অনুযায়ী,

$$I_1 = \frac{Mr^2}{2}$$

$$= \frac{0.02 \times \left(\frac{1.2}{100}\right)^2}{2}$$

$$\therefore I_1 = 1.44 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$$

এখানে,

ভর, $M = 20$ gm $= 0.02$ kg

ব্যাসার্ধ, $r = 1.2$ cm $= \frac{1.2}{100}$ m

চিত্র-২ অনুযায়ী,

$$I_2 = \frac{Mr^2}{4} = \frac{0.02 \times \left(\frac{1.2}{100}\right)^2}{4}$$

$$\therefore I_2 = 7.2 \times 10^{-7} \text{ kgm}^2 = \frac{1}{2} I_1$$

এখন, $\tau_1 = I_1\alpha_1$, $\tau_2 = I_2\alpha_2$

প্রশ্নমতে, $\tau_1 = \tau_2$

$$\therefore I_1\alpha_1 = I_2\alpha_2$$

$$\text{বা, } I_1\alpha_1 = \frac{1}{2} I_1\alpha_2$$

$$\text{বা, } \alpha_1 = \frac{1}{2}\alpha_2$$

অর্থাৎ, চিত্র-১ এ কৌণিক ত্বরণ বেশি থাকবে। তাই, ঘূর্ণন বেশি সময় ধরে বজায় থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৩ চট্টগ্রাম কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

0.250kg ভরের কোনো বস্তুকে 75cm লম্বা একটি সুতার সাহায্যে অনুভূমিক বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে। এটি স্থির অবস্থা থেকে সমকৌণিক ত্বরণে ঘোরা আরম্ভ করে 3 মিনিট পর থেকে প্রতি মিনিটে 180 বার করে ঘুরছে।

ক. টর্ক কী? ১

খ. দুটি সমান ভরের বস্তু সংঘর্ষের পরে বেগ বিনিময় করে– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বস্তুটির উপর কী পরিমাণ টর্ক ক্রিয়া করছে তার মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বস্তুটি 3min পর থেকে 5 min পর্যন্ত মোট কৃতকাজ এবং মোট গতিশক্তির পরিবর্তন সমান-কি না- গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাই টর্ক।

খ দুটি সমান ভরের বস্তুর জন্য স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$mu_1 + mu_2 = mv_1 + mv_2$$

$$\text{এবং } \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

এখানে m হলো বস্তু দুইটির ভর, u_1 ও u_2 বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পূর্বের বেগ এবং v_1 ও v_2 হলো বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পরের বেগ।

উপরের সমীকরণ দুইটি থেকে আমরা পাই,

$$u_1 - v_1 = v_2 - u_2 \text{ .... (1)}$$

$$\text{এবং } u_1^2 - v_1^2 = v_2^2 - u_2^2$$

$$\text{বা, } (u_1 - v_1)(u_1 + v_1) = (v_2 - u_2)(v_2 + u_2) \text{ .... (2)}$$

সমীকরণ (2) কে (1) দ্বারা ভাগ করে পাই,

$$u_1 + v_1 = v_2 + u_2 \text{ ....(3)}$$

সমীকরণ (1) ও (3) যোগ করে পাই,

$$2u_1 = 2v_2$$

$$\text{বা, } v_2 = u_1$$

সমীকরণ (1) ও (3) বিয়োগ করে পাই,

$$2u_2 = 2v_1$$

$$\text{বা, } v_1 = u_2$$

সুতরাং, একই ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয় পরস্পর বেগ বিনিময় করে।

গ আমরা জানি,

$$\tau = I\alpha$$

$$= Mr^2 \times \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

$$= Mr^2 \times \frac{\left(\frac{2\pi N}{60} - 0\right)}{t}$$

$$= \frac{M \times r^2 \times \pi \times N}{30\,t}$$

$$= \frac{0.250 \times (0.75)^2 \times \pi \times 180}{30 \times 180}$$

$$\therefore \tau = 0.0147 \text{ Nm}$$

এখানে,

কৌণিক বেগ, $N = 180$ rpm

ব্যাসার্ধ, $r = 75$ cm $= 0.75$ m

ভর, $M = 0.250$ kg

সময়, $t = 3$ min

$= 180$ sec

অর্থাৎ, বস্তুটির উপর 0.0147 Nm টর্ক ক্রিয়া করছে। **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$$W = \tau \cdot \theta$$

উদ্দীপকের বস্তুটি 3 min পর থেকে 5 min পর্যন্ত সমকৌণিক বেগে ঘুরে। তাই, উক্ত সময়ে, $\tau = 0$

$$\therefore \omega = 0 \times \theta = 0 \text{ J}$$

আবার, গতিশক্তির পরিবর্তন $= \frac{1}{2}I\omega_2^2 - \frac{1}{2}I\omega_1^2$

এখানে, 3 min সময়ে কৌণিক বেগ, ω_1 ও 5 min সময়ে কৌণিক বেগ, ω_2 সমান। অর্থাৎ, $\omega_1 = \omega_2$

$$\therefore \text{ গতিশক্তির পরিবর্তন} = \frac{1}{2}I\omega_1^2 - \frac{1}{2}I\omega_1^2 = 0 \text{ J}$$

অর্থাৎ, উদ্দীপকের বস্তুটি 3 min পর থেকে 5 min পর্যন্ত মোট কৃতকাজ এবং মোট গতিশক্তির পরিবর্তন সমান।

প্রশ্ন ▸ ৭৪ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌ প্রশ্ন নং ২

মসৃণ তলে রাখা 2kg ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর 20N বল অনুভূমিকভাবে প্রয়োগ করা হলো এবং 10 sec পর বল প্রত্যাহার করা হলো। এরপর বস্তুটি 0.5 kg ভরের অপর একটি বস্তুকে আঘাত করে এবং ২য় বস্তুটি প্রথম বস্তুটির গতির দিকের সাথে 45° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়।

ক. অপকেন্দ্র বল কী? ১
খ. দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না ব্যাখ্যা কর। ২
গ. ১ম বস্তুটি 10 sec পর কতটুকু দূরত্ব অতিক্রম করবে? ৩
ঘ. সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হওয়ার সম্ভাবনা কতটুকু গাণিতিক ব্যাখ্যা দেখাও। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপকেন্দ্র বল বা কেন্দ্রবিমুখী বল হলো এমন একটি বল যা কোনো বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত বস্তুকে বৃত্তের কেন্দ্র হতে বাইরের দিকে বল প্রয়োগ করে ঠেলে ফেলে দিতে চায়।

খ দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না।

$\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ ভেক্টর দুটি যদি α কোণে নত থাকে, তবে এদের লব্ধির মান হবে $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\alpha}$ । যখন $\alpha = 180°$ তখন R ন্যূনতম হয়। অর্থাৎ লব্ধি ভেক্টরের ন্যূনতম মান, $R = \sqrt{P^2 + Q^2 - 2PQ} = \sqrt{(P-Q)^2} = P - Q$ । দেখা যাচ্ছে, কেবল এবং কেবল যদি $P = Q$ হয় তবেই R এর মান শূন্য হবে। অন্যথায় লব্ধির ন্যূনতম একটি মান থাকবে। সুতরাং দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি কখনোই শূন্য হতে পারে না।

গ আমরা জানি,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$
$$= \frac{1}{2} \times \frac{F}{m} \times t^2$$
$$[\because u = 0 \text{ এবং } F = ma]$$
$$= \frac{1}{2} \times \frac{20}{2} \times (10)^2 = 500 \text{ m } \textbf{(Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
মোট ভর, $m = 2$ kg
প্রযুক্ত বল, $F = 20$ N
সময়কাল, $t = 10$ sec
আদিবেগ, $u = 0$ ms^{-1}
অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

ঘ 2 kg ভরের বস্তুর ত্বরণ a হলে,

$$a = \frac{F}{m} = \frac{20}{2} = 10 \text{ ms}^{-2}$$

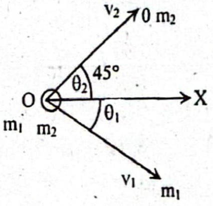
10 s পর বস্তুর বেগ v হলে,

$$v = u + at = 0 + 10 \times 10 = 100 \text{ ms}^{-1}$$

∴ 2 kg ভরের বস্তুটি 100 ms^{-1} বেগে আঘাত করে সংঘর্ষ ঘটায়।

এখানে,
ভর, $m = 2$ kg
বল, $F = 20$ N
আদিবেগ, $u = 0$ ms^{-1}
সময়, $t = 10$ s

ধরি, সংঘর্ষের পর ২য় বস্তুর বেগ v_2, যা x অক্ষের সাথে $\theta_2 = 45°$ কোণ করে যায়, আবার, ১ম বস্তুর শেষ বেগ v_1 ও X অক্ষের সাথে θ_1 কোণ উৎপন্ন করে।



∴ X অক্ষ বরাবর ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র প্রয়োগ করে,

$$m_1u_1\cos 0° + m_2u_2\cos 0° = m_1v_1\cos\theta_1 + m_2v_2\cos\theta_2$$
$$\text{বা, } 2 \times 100 \times 1 + 0.5 \times 0 = 2v_1\cos\theta_1 + 0.5\,v_2\cos 45°$$
$$\text{বা, } 100 = v_1\cos\theta_1 + 0.177\,v_2 \text{ ....(1)}$$

Y অক্ষ বরাবর ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র প্রয়োগ করে,

$$m_1u_1\sin 0° + m_2u_2\sin 0° = m_1v_1\sin\theta_1 + m_2v_2\sin\theta_2$$
$$\text{বা, } 0 = 2 \times v_1\sin\theta_1 + 0.5\,v_2\sin 45°$$
$$\text{বা, } 0 = v_1\sin\theta_1 + 0.177\,v_2 \text{ ....(2)}$$

এখানে,
১ম বস্তুর ক্ষেত্রে,
ভর, $m_1 = 2$ kg
সংঘর্ষের আগে বেগ,
$u_1 = 100$ ms^{-1}
সংঘর্ষের পরে বেগ $= v_1$
২য় বস্তুর ক্ষেত্রে,
ভর, $m_2 = 0.5$ kg
সংঘর্ষের আগে বেগ, $u_2 = 0$ ms^{-1}
সংঘর্ষের পরে বেগ $= v_2$
২য় বস্তুর কোণ, $\theta_2 = 45°$

যদি সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হয় তবে সংঘর্ষের আগে ও পরে গতি সংরক্ষিত থাকে।

$$\therefore \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$$
$$\text{বা, } 2 \times (100)^2 + 0.5 \times 0^2 = 2 \times v_1^2 + 0.5\,v_2^2$$
$$\text{বা, } 10000 = v_1^2 + 0.25\,v_2^2 \text{ ....(3)}$$

(1) থেকে পাই, $v_1\cos\theta_1 = 100 - 0.177\,v_2$ ....(4)

(2) থেকে পাই, $v_1\sin\theta_1 = -0.177\,v_2$ ....(5)

এখন, $(4)^2 + (5)^2$ করে পাই,

$$v_1^2(\cos^2\theta_1 + \sin^2\theta_1) = (100 - 0.177\,v_2)^2 + (-0.177\,v_2)^2$$
$$\text{বা, } v_1^2 = 10000 - 35.4v_2 + 0.0625v_2^2 \text{ ....(6)}$$

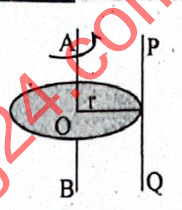
(6) থেকে v_1^2 এর মান (3) এ বসিয়ে,

$$10000 = 10000 - 35.4\,v_2 + 0.0625v_2^2 + 0.25\,v_2^2$$
$$\text{বা, } 0.3125\,v_2^2 - 35.4v_2 = 0$$
$$\text{বা, } 0.3125\,v_2^2 = 35.4\,v_2$$
$$\text{বা, } v_2 = \frac{35.4}{0.3125} = 113.28 \text{ ms}^{-1}$$

∴ ২য় বস্তুর শেষ বেগ $v_2 = 113.28$ ms^{-1}

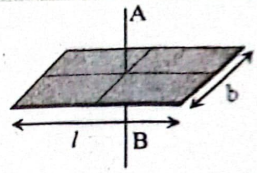
সুতরাং বলা যায়, সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হতে হলে ২য় বস্তুর শেষ বে 113.28 ms^{-1} হতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৫ বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম ▌ প্রশ্ন নং



চিত্র-১

বস্তু দুটি সমভর বিশিষ্ট
$m = 2$ kg
$r = 50$ cm
$l = 30$ cm
$b = 20$ cm



চিত্র-২

ক. কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে?
খ. দেয়ালে কোন বস্তু ধাক্কার পূর্বের ও পরের বেগের দিক বিপরী কেন ব্যাখ্যা কর।
গ. চিত্র-১ এর বস্তুটির PQ অক্ষ সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক নির্ণ কর।
ঘ. চিত্রের বস্তু দুটি মিনিটে 30 বার করে ঘুরছে। উভয় ক্ষেত্রে ব দুটিকে 2 মিনিটে থামাতে প্রয়োজনীয় টর্কের মান সমান হ কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো বস্তু একটি বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন ঐ বৃত্তে কেন্দ্র অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে গতিশী রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

খ কোনো একটি বল দেয়ালের গায়ে ধাক্কা খেলে এটি দেয়ালের গা বল প্রয়োগ করে যা হলো ক্রিয়া বল। নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র ম দেয়াল বলটির গায়ে সমান ও বিপরীতমুখী একটি বল প্রয়োগ করবে হলো প্রতিক্রিয়া বল। এই প্রতিক্রিয়া বলের কারণে দেয়ালের সাথে ধা খেয়ে বল বিপরীত দিকে ফিরে আসে।

গ আমরা জানি,

সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য অনুসারে,

$$I_{PQ} = I_{AB} + mr^2$$
$$= \frac{1}{2}mr^2 + mr^2$$
$$= \frac{3}{2}mr^2 = \frac{3}{2} \times 2 \times 0.5^2 = 0.75 \text{ kgm}^2 \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
বস্তুটির ভর, $m = 2$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 50$ cm $= 0.5$ m

ঘ বৃত্তাকার চাকতির ভরকেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$I_{AB} = \frac{1}{2}mr^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 0.5$$
$$= 0.25 \text{ ms}^{-2}$$

বস্তু দুটির কৌণিক বেগ,

$$\omega_0 = \frac{2\pi N_1}{t} = \frac{2\pi \times 30}{60}$$
$$= \pi \text{ rads}^{-1}$$

আয়তাকার বস্তুটির জড়তার ভ্রামক,

$$I_2 = \frac{m}{12}(l^2 + b^2)$$
$$= \frac{2}{12} \times (0.3^2 + 0.2^2)$$
$$= 0.022 \text{ kgm}^2$$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 2$ kg
দৈর্ঘ্য, $l = 30$ cm $= 0.3$ m
প্রস্থ, $b = 20$ cm $= 0.2$ m
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 30$
সময়, $t = 1$ min $= 60$ sec
থামাতে প্রয়োজনীয় সময়,
$t' = 2$ min $= 2 \times 60 = 120$ s
বস্তুটি থামলে, $\omega = 0$ rads^{-1}
ধরি, কৌণিক মন্দন α

আমরা জানি,

$$\omega = \omega_0 - \alpha t$$

বা, $\alpha = \frac{\omega_0 - \omega}{t} = \frac{\pi - 0}{120} = \frac{\pi}{120}$ rads^{-2}

চাকতিটির ক্ষেত্রে, প্রয়োজনীয় টর্ক, τ_1 হলে,

$$\tau_1 = I_{AB} = 0.25 \times \frac{\pi}{120} = 6.54 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

আয়তাকার বস্তুটির ক্ষেত্রে,

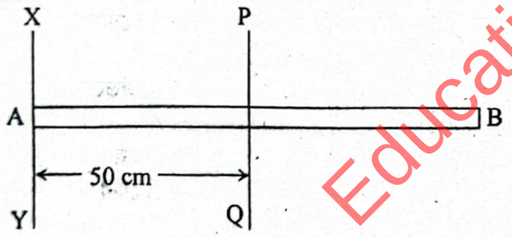
প্রয়োজনীয় টর্ক τ_2 হলে,

$$\tau_2 = I_2\alpha = 0.022 \times \frac{\pi}{120} = 5.76 \times 10^{-4} \text{ Nm}$$

এখানে, $\tau_1 \neq \tau_2$

সুতরাং, উভয় ক্ষেত্রে বস্তুদুটিকে 2 মিনিটে থামাতে টর্কের মান সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৬ ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ২



চিত্রে 500gm ভরের AB সরু দণ্ডটি এর দৈর্ঘ্যের মধ্যবিন্দু দিয়ে লম্বভাবে গমণকারী অক্ষ PQ এর সাপেক্ষে প্রতি মিনিটে 30 বার করে ঘুরছে।

- ক. গড় মুক্ত পথ কাকে বলে? ১
- খ. দরজার হাতল প্রান্তে দেয়া হয় কেন?— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. PQ অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. XY অথবা PQ কোন অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির ঘূর্ণন প্রবণতা বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বকে গড় মুক্তপথ বলে।

খ দরজার হাতল প্রান্তে দেওয়া হলে এর উপর প্রযুক্ত টর্কের মান বেশি হয়। আমরা জানি, কোনো বস্তুকে ঘূর্ণন গতি সৃষ্টি করতে হলে এর উপর টর্ক প্রয়োগ করতে হয়। টর্ক বেশি হলে বস্তুটিকে সহজেই ঘুরানো যাবে। আবার, টর্ক, $\tau = rF \sin\theta$। এখানে দেখা যাচ্ছে যে, টর্ক ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক। দরজার হাতল প্রান্তে লাগালে ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগবিন্দুর দূরত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে টর্কের মান বেশি হবে এবং দরজাটি খোলা বা বন্ধ করা সহজ হবে।

গ PQ অক্ষটি AB দণ্ডের মধ্যবিন্দুতে লম্বভাবে গমণকারী অক্ষ। তাই PQ অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক

$$I = \frac{1}{12}ML^2$$
$$= \frac{1}{12} \times 0.5 \times (1)^2$$
$$= 0.04167 \text{ kgm}^2$$

এখানে,
দণ্ডের ভর, $M = 500$ gm
$= 0.5$ kg
দৈর্ঘ্য, $AB = L = 2 \times 50$ cm
$= 100$ cm
$= 1$m
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 30$
সময়, $t = 1$ min $= 60$ s

PQ অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডের কৌণিক ভরবেগ,

$$L = I\omega$$
$$= I \times \frac{2\pi N}{t}$$
$$= 0.04167 \times \frac{2\pi \times 30}{60}$$
$$= 1.3091 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকের XY এবং PQ অক্ষ যথাক্রমে প্রান্তবিন্দু ও মধ্যবিন্দু দিয়ে গমনকারী অক্ষ। XY অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক,

$$I_{XY} = \frac{Ml^2}{3}$$
$$= \frac{0.5 \times (1)^2}{3}$$
$$\therefore I_{XY} = 0.1667 \text{ kgm}^2$$

এখানে,
দণ্ডের ভর, $M = 500$ gm
$= 0.5$ kg
দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l = 2 \times 50$ cm
$= 100$ cm
$= 1$ m

আবার,

PQ অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক,

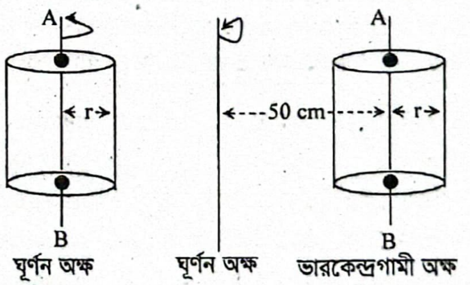
$$I_{PQ} = \frac{Ml^2}{12} = \frac{0.5 \times (1)^2}{12}$$

বা, $I_{PQ} = 0.04167$ kgm^2

$\therefore I_{XY} > I_{PQ}$

অর্থাৎ, XY অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক বেশি। সুতরাং, PQ অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির ঘূর্ণন প্রবণতা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৭ জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট ▌প্রশ্ন নং ৩



চিত্র-১ চিত্র-২

চিত্রে সিলিন্ডার আকৃতির দণ্ডের ভর 5kg এবং ব্যাসার্ধ 10cm. উভয় চিত্রের দণ্ড ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে 1 rads^{-1} বেগে ঘুরছে।

- ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর। ১
- খ. ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল কেন? ২
- গ. চিত্র-১ এর দণ্ডের কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের কোন দণ্ডটি থামাতে অধিক বাধার সম্মুখীন হতে হবে? গাণিতিভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক **কাজ-শক্তি উপপাদ্য:** কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ আমরা জানি, ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিপরীতে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণচক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক। ফলে একটি পূর্ণচক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনও শূন্য হতে পারে না। এজন্য ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ চিত্র-১ এর সিলিন্ডার AB অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান থাকলে কৌণিক ভরবেগ,

$$L = I\omega = \frac{Mr^2}{2}\times\omega = \frac{5\times(0.1)^2}{2}\times 1$$

$$\therefore L = 0.025\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
কৌণিক বেগ,
$\omega = 1\ \text{rads}^{-1}$
ভর, $M = 5$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 10$ cm $= 0.1$ m
কৌণিক ভরবেগ $L = ?$

ঘ যে দণ্ডটিকে ঘুরাতে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে, সে দণ্ডটিকে থামাতে অধিক বাধার সম্মুখীন হতে হবে। চিত্র-১ এর দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক,

$$I_1 = \frac{Mr^2}{2} = \frac{5\times(0.1)^2}{2} = 0.025\ \text{kgm}^2$$

এখানে,
দণ্ডের ভর, $M = 5$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 10$ cm $= 0.1$ m

চিত্র-২ এর দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্যের সাহায্যে পাই,

$$I_2 = \frac{Mr^2}{2} + Mh^2 = \frac{5\times(0.1)^2}{2} + 5\times(0.5)^2 = 1.275\ \text{kgm}^2$$

$$\therefore I_2 > I_1$$

এখানে,
ভর, $M = 5$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 10$ cm $= 0.1$ m
ঘূর্ণন অক্ষ হতে ভরকেন্দ্রগামী অক্ষের দূরত্ব, $h = 50$ cm $= 0.5$ m

অতএব, চিত্র-২ এর দণ্ডটিকে থামাতে অধিক বাধার সম্মুখীন হতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৮ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট ❚ প্রশ্ন নং ৫

120 m ব্যাসার্ধের একটি রাস্তার বাঁকে সাইনবোর্ডে সর্বোচ্চ গতিসীমা লিখা ছিল 12 ms^{-1}। একটি বাস বাঁকটি 20 ms^{-1} বেগে অতিক্রম করার সময় বাসটি খাদে পড়ে যায়।

ক. মহাকর্ষীয় বিভব কী?
খ. ঢাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 65% বলতে কী বো ব্যাখ্যা করো।
গ. রাস্তার ব্যাংকিং কোণ কত?
ঘ. একটি সাইকেল নিরাপদে পার হয়ে গেলেও বাসটি খাদে যাবার কারণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষে কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয় তাই হ মহাকর্ষীয় বিভব।

খ কোনো স্থানে নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বা ভর ও বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুর সম্পৃক্ত জলীয় বা ভরের অনুপাতকে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে। ঢা বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 65% বলতে বুঝায় কোনো নির্দিষ্ট স ঢাকার বায়ুতে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে ঐ স তার শতকরা 65 ভাগ জলীয় বাষ্প বায়ুতে উপস্থিত আছে।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশের অনুরূপ। **উত্তর:** 6.9

ঘ দেওয়া আছে; উদ্দীপকের বাসটির বেগ 20 ms^{-1} এই বেগে গা চালালে 120 m ব্যাসার্ধে বৃত্তাকার মোড় নেওয়ার জন্য প্রয়োজ ব্যাংকিং কোণ,

$$\theta = \tan^{-1}\frac{v^2}{rg} = \tan^{-1}\frac{(20)^2}{120\times 9.8} = 18.785°$$

গ হতে পাই, উক্ত রাস্তার ব্যাংকিং কোণ = 6.98°

বাসটি 20 ms^{-1} বেগে নিরাপদে রাস্তা পার হতে হলে রাস্তার ন্যূন ব্যাংকিং কোণ হওয়া প্রয়োজন ছিল 18.785° কিন্তু রাস্তার ব্যাংকিং কো হলো 6.98°। তাই বাসটি খাদে পড়ে যায়। সাইকেল আরোহী উল সাথে হেলে পড়ে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ তৈরি করে নিতে পা তাই সাইকেল নিরাপদে বাঁক পার হতে পারে।

Tutor ৭৯ থেকে ১১২ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph1bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linke

৭৯. ঢাকা বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
৮০. ঢাকা বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৮১. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
৮২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
৮৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৮৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৮৬. সিলেট বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
৮৭. যশোর বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮৮. যশোর বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮৯. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৯১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ১ .... panjeree.com/hsc
৯২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯৩. যশোর বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯৪. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯৫. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮ ❚ প্রশ্ন নং ১ .... panjeree.com/hsc
৯৬. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/h
৯৭. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ ❚ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/h
৯৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ❚ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/h
৯৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/h
১০০. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/h
১০১. সিলেট বোর্ড ২০১৭ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/h
১০২. যশোর বোর্ড ২০১৭ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/h
১০৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/h
১০৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/h
১০৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/h
১০৬. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/h
১০৭. সিলেট বোর্ড ২০১৬ ❚ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/h
১০৮. যশোর বোর্ড ২০১৬ ❚ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/h
১০৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ ❚ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/h
১১০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ ❚ প্রশ্ন নং ১ .... panjeree.com/h
১১১. সিলেট বোর্ড ২০১৫ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/h
১১২. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ ❚ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/h

অধ্যায় ৫ কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

■ বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	১	১	১	১	১	২	১	১০
২০২৩	১	১	১	১	১	১	১	০	১	৮
২০২২	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২১	১	২	২	১	১	১	২	১	২	১৩
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	১	১	১	১	২	১	১	৯
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	০	–	১	১	০	১	০	০	০	৩
২০১৬	১	–	১	২	০	০	০	১	০	৫
২০১৫	০	–	২	০	১	১	১	০	০	৫
মোট প্রশ্ন	৭	৫	১১	৯	৭	৮	৯	৭	৭	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▶ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ ❙ প্রশ্ন নং ৩

একটি পানির ট্যাংকের গভীরতা 20 m এবং ব্যাস 4 m। ট্যাংকটিকে পানিশূন্য করার জন্য একটি পাম্প লাগানো হলো। পাম্পটি চালু করার 10 মিনিট পর ট্যাংকের এক চতুর্থাংশ খালি করে পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেলো। পরে অন্য আরেকটি পাম্প দ্বারা ট্যাংকের বাকি পানি শূন্য করা হলো। [পানির ঘনত্ব 1000 kg m^{-3}]

ক. কর্মদক্ষতা কী? ১

খ. স্প্রিং দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক হয় কেন? ২

গ. প্রথম পাম্পটির ক্ষমতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের দ্বিতীয় পাম্পটি যদি বাকি ট্যাংকের পানি 20 মিনিটে শূন্য করতে পারে তাহলে উভয় পাম্পের মধ্যে কোনটির অশ্বক্ষমতা বেশি গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন যন্ত্র হতে প্রাপ্ত মোট কার্যকর ক্ষমতা এবং ঐ যন্ত্রে প্রদত্ত মোট ক্ষমতার অনুপাতই ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা।

খ আমরা জানি, কাজ $W = Fs\cos\theta$। এখানে, θ হলো বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ। স্প্রিংকে টেনে লম্বা করলে স্প্রিং এর সরণের বিপরীতে স্প্রিং এ প্রযুক্ত বলের সমান ও বিপরীতমুখী প্রত্যয়নী বলের সৃষ্টি হয়। এখানে, স্প্রিং এ সৃষ্ট প্রত্যয়নী বল এবং স্প্রিং এর সরণের দিক বিপরীত অর্থাৎ মধ্যবর্তী কোণ $\theta = 180°$। সুতরাং, $W = Fs\cos 180° = -Fs$ যা ঋনাত্মক। এজন্য স্প্রিং বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক হয়।

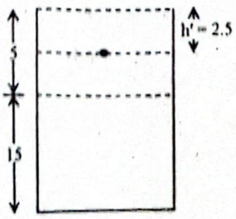
গ এখানে,

পানির ট্যাংকের গভীরতা, $h = 20$ m

ট্যাংকের ব্যাস, $d = 4$ m

$\therefore$ ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = \frac{4}{2} = 2$ m

এক-চতুর্থাংশ খালি করতে প্রয়োজনীয় সময়, $t = 10$ min $= 600$ s



পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

চিত্র হতে, ভরকেন্দ্রের সরণ, $h' = \dfrac{20 - \frac{3}{4} \times 20}{2}$

$= 2.5$ m

ট্যাংকের এক চতুর্থাংশের পানির ভর, $m = \frac{1}{4} \times$ আয়তন $\times$ ঘনত্ব

$= \frac{1}{4}\pi r^2 h \times \rho$

$\therefore$ প্রথম পাম্পটির ক্ষমতা,

$$P_1 = \frac{mgh'}{t}$$

$$= \frac{\frac{1}{4}\pi r^2 h \times \rho g \times h'}{t}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times 3.1416 \times 2^2 \times 20 \times 1000 \times 9.8 \times 2.5}{600} \text{ W}$$

$= 2565.64$ W

$= \frac{2565.64}{746}$ HP $= 3.44$ HP **(Ans.)**

ঘ এখানে,

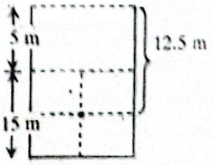
খালি করতে প্রয়োজনীয় সময়,

$t = 20$ min $= 1200$ s

পানির গভীরতা, $h = 15$m

চিত্রানুযায়ী ভরকেন্দ্রের সরণ,

$h' = 5 + \frac{15}{2} = 12.5$ m



পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}

ট্যাংকের ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = \frac{4}{2} = 2\ m$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

∴ দ্বিতীয় পাম্পটির ক্ষমতা,

$$P_2 = \frac{mgh'}{t} = \frac{\pi r^2 h \times \rho \times g \times h'}{t}$$

$$= \frac{3.1416 \times 2^2 \times 15 \times 1000 \times 9.8 \times 12.5}{1200}$$

$$= 19242.3\ W = \frac{19242.3}{746} HP$$

$$= 25.794\ HP.$$

'গ' হতে পাই, প্রথম পাম্পের অশ্বক্ষমতা, $P_1 = 3.44\ HP$

সুতরাং, $P_2 > P_1$।

∴ দ্বিতীয় পাম্পটির অশ্ব ক্ষমতা বেশি।

প্রশ্ন ▸ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৩

ঘর্ষণহীন অনুভূমিক তলের উপর একটি দৃঢ় অবস্থান থেকে একটি স্প্রিং এর এক প্রান্ত আটকিয়ে অপর প্রান্তের বল প্রয়োগ করে 5 cm সংকুচিত করে ছেড়ে দেয়া হলো। এতে স্প্রিংটি আদি অবস্থায় ফিরে আসল। [স্প্রিং ধ্রুবক $K = 120\ Nm^{-1}$]

- ক. সংরক্ষণশীল বল কী? ১
- খ. বল ও সরণ শূন্য না হলেও কাজ শূন্য হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. স্প্রিংটি 2.5 cm প্রসারিত করলে এতে সঞ্চিত বিভব শক্তি নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকটির স্প্রিং বলটি কি সংরক্ষণশীল বল? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয়, তাই সংরক্ষণশীল বল।

খ বল ও বল প্রয়োগের ফলে বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে। বল (F) ও সরণ (s) এর মধ্যবর্তী কোণ যদি θ হয়, তাহলে বলের দিকে সরণের উপাংশ হবে $s\cos\theta$। সুতরাং কাজ $W = Fs\cos\theta$। বল ও সরণ কোনটিই যদি শূন্য না হয় তবে $\cos\theta = 0$ বা $\theta = 90°$ হলে কাজের মান শূন্য হবে। $\theta = 90°$ হলে, বলের দিকে সরণের উপাংশ $s\cos\theta = s\cos 90° = 0$ হয়। ফলে কাজ (W) ও শূন্য হয়। সুতরাং বলা যায় বল ও সরণের মান শূন্য না হলেও বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° হলে কাজ শূন্য হবে।

গ

আমরা জানি,

সঞ্চিত বিভব শক্তি,

$$U = \frac{1}{2}Kx^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 120 \times (2.5 \times 10^{-2})^2$$

$$= 0.0375\ J\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,

স্প্রিং ধ্রুবক, $K = 120\ Nm^{-1}$

স্প্রিং এর প্রসারণ, $x = 2.5\ cm = 2.5 \times 10^{-2}\ m$

ঘ এখানে, স্প্রিং ধ্রুবক $K = 120\ Nm^{-1}$। স্প্রিংটিকে $x = 5\ cm = 5 \times 10^{-2}\ m$ সংকুচিত করা হলে, স্প্রিং বল দ্বারা কৃতকাজ,

$$W_1 = -\frac{1}{2}Kx^2$$ [কাজ ঋণাত্মক কারণ সরণ ও স্প্রিং বলের দিক বিপরীত]

$$= -\frac{1}{2} \times 120 \times (5 \times 10^{-2})^2$$

$$= -0.15\ J$$

এবার,

সংকুচিত অবস্থা হতে আবার সাম্যাবস্থায় আসতে স্প্রিং বল দ্বারা কৃত কাজ,

$$W_2 = \frac{1}{2}Kx^2$$ [কাজ ধনাত্মক কারণ সরণ ও স্প্রিং বলের দিক একই]

$$= \frac{1}{2} \times 120 \times (5 \times 10^{-2})^2$$

$$= 0.15\ J$$

∴ মোট কাজ, $W = W_1 + W_2 = (-0.15 + 0.15) = 0J$

আমরা জানি, সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

∴ উদ্দীপকটির স্প্রিং বলটি সংরক্ষণশীল বল।

প্রশ্ন ▸ ৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৩

A ও B দুটি পানিপূর্ণ কুয়া যাদের গভীরতা যথাক্রমে 12 m ও 10 m এবং ব্যাস যথাক্রমে 1.8 m ও 2 m। X ও Y দুটি পাম্প যাদের কর্মদক্ষতা যথাক্রমে 70% ও 60%। X পাম্পটি A কুয়াকে 24 মিনিটে পানিশূন্য করতে পারে। Y পাম্পের ক্ষমতা 2.4 H.P।

- ক. গতিশক্তি কাকে বলে? ১
- খ. শূন্য কাজ ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. X পাম্পটির ক্ষমতা নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. X ও Y পাম্প দ্বারা B কুয়াকে একই সময়ে পানিশূন্য করা যাবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গতিশীল বস্তু এর গতির জন্য কাজ করার যে সামর্থ্য অর্জন করে তাকে ঐ বস্তুর গতিশক্তি বলে।

খ বল প্রয়োগ করার ফলে কোনো বস্তুর সরণ যদি বলের অভিমুখের সাথে লম্ব বরাবর হয় বা সরণ শূন্য হয়, তবে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজকে শূন্য কাজ বলে।

ধরা যাক, কোনো একটি বক্সকে একজন ব্যক্তি হাত দিয়ে উপরে ধরে রেখে সামনে অগ্রসর হচ্ছে। এতে করে ব্যক্তিটি অভিকর্ষের বিপরীতে বল প্রয়োগ করে বস্তুটিকে উপরে ধরে রাখছে কিন্তু সরণ ঘটছে সামনের দিকে। এক্ষেত্রে তার হাতের বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য কাজ। আবার হাত দিয়ে কোনো দেয়ালে ধাক্কা দিলে সেটির কোনো সরণ হয় না। এক্ষেত্রেও কৃতকাজ শূন্য।

গ আমরা জানি, ক্ষমতা, $P' = \frac{mgh'}{t}$

$$= \frac{\pi r^2 h \times \rho \times g \times \frac{h}{2}}{t}$$

$$= \frac{3.1416 \times (0.9)^2 \times 12 \times 1000 \times 9.8 \times 6}{1440}$$

$$= 1246.9\ W$$

আবার,

$$\eta_1 = \frac{P'}{P}$$

$$বা,\ P = \frac{P'}{\eta_1}$$

$$বা,\ P = \frac{1246.9}{.7}$$

$$বা,\ P = 1781.286\ W = \frac{1781.286}{746} H.P$$

$$\therefore P = 2.3878\ H.P\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,

X পাম্পটির কর্মদক্ষতা,

$\eta_1 = 70\% = 0.7$

A কুয়ার গভীরতা,

$h = 12m$

A কুয়ার ব্যাসার্ধ,

$r = \frac{1.8}{2} m = 0.9\ m$

পানির ঘনত্ব,

$\rho = 1000\ kgm^{-3}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$9.8\ ms^{-2}$

ভরকেন্দ্রের সরণ,

$h' = \frac{h}{2} = \frac{12}{2} = 6\ m$

কুয়া খালি করতে প্রয়োজনীয় সময়,

$t = 24\ min = 1440\ s$

কার্যকর ক্ষমতা, $P' = ?$

প্রদত্ত ক্ষমতা, $P = ?$

ঘ X পাম্পের ক্ষেত্রে,

$$P' = \eta_1 \times P_1 = \frac{mgh'}{t_1}$$

$$বা,\ \eta_1 \times P_1 = \frac{\pi r^2 h \times \rho \times g \times h'}{t_1}$$

$$বা,\ t_1 = \frac{\pi r^2 h \times \rho \times g \times h'}{\eta_1 \times P_1}$$

$$= \frac{3.1416 \times 1^2 \times 10 \times 1000 \times 9.8 \times 5}{0.7 \times 1781.286}$$

$$= 1234.57\ s$$

Y পাম্পের ক্ষেত্রে,

$$P' = \eta_2 \times P_2 = \frac{mgh'}{t_2}$$

$$বা,\ \eta_2 \times P_2 = \frac{\pi r^2 h \times \rho \times g \times h'}{t_2}$$

এখানে,

X ও Y দুটি পাম্পের কর্মদক্ষতা যথাক্রমে

$\eta_1 = 70\% = 0.7$ এবং $\eta_2 = 60\% = 0.6$

X পাম্পের ক্ষমতা,

$P_1 = 1781.286\ W$

['গ' হতে]

Y পাম্পের ক্ষমতা,

$P_2 = 2.4\ H.P = (2.4 \times 746)\ W = 1790.4\ W$

B কুয়ার গভীরতা, $h = 10\ m$

B কুয়ার ব্যাসার্ধ,

$r = \frac{2}{2} m = 1\ m$

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

বা, $t_2 = \frac{\pi r^2 h \times \rho \times g \times h'}{\eta_2 \times P_2'}$

$= \frac{3.1416 \times 1^2 \times 10 \times 1000 \times 9.8 \times 5}{0.6 \times 1790.4}$

$= 1433$ s

$\therefore t_2 = 1433$ s

এখানে, $t_1 \neq t_2$ । $\therefore$ X ও Y পাম্প দ্বারা B কুয়াকে একই সময়ে পানিশূন্য করা যাবে না।

X পাম্প দ্বারা B কুয়াকে খালি করতে প্রয়োজনীয় সময়, $t_1 = ?$

Y পাম্প দ্বারা B কুয়াকে খালি করতে প্রয়োজনীয় সময়, $t_2 = ?$

ভরকেন্দ্রের সরণ, $h' = \frac{h}{2} = \frac{10}{2} = 5$ m

প্রশ্ন ▸ ৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ‖ প্রশ্ন নং ৩

পানিপূর্ণ একটি চৌবাচ্চার ব্যাসার্ধ 2 মিটার ও উচ্চতা 20 মিটার। চৌবাচ্চাটির অর্ধেক পানিশূন্য করতে 75% কর্মদক্ষতা সম্পন্ন একটি পাম্পের 20 মিনিট সময় লাগে।

ক. টর্ক কাকে বলে? ১

খ. সংরক্ষণশীল বল বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পাম্পটির ক্ষমতা H.P এককে কত? ৩

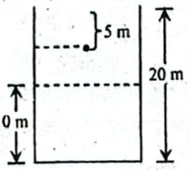
ঘ. চৌবাচ্চার বাকি অর্ধেক পানি নিষ্কাশন করতে পাম্পটির একই সময় লাগবে কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে তার আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়, সেই বলকে সংরক্ষণশীল বল বলে। অর্থাৎ, সংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে নিয়ে যেতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয়, দ্বিতীয় বিন্দু হতে ১ম বিন্দুতে ফিরিয়ে আনলে একই পরিমাণ ঋণাত্মক কাজ করতে হয়। যে পথেই নেয়া হোক না কেন মোট কাজ শূন্য হয়, এ কারণেই সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃতকাজ গতিপথের উপর নির্ভর করে না।

গ এখানে,
চৌবাচ্চার ব্যাসার্ধ, $r = 2$ m
চৌবাচ্চার উচ্চতা, $h = 20$ m
পানির আয়তন, $V = \frac{1}{2}\pi r^2 h$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
চৌবাচ্চাটির অর্ধেক পানিশূন্য করতে সময় লাগে, $t = 20\ min = 1200\ s$
পাম্পটির কর্মদক্ষতা, $\eta = 75\% = 0.75$
চিত্র হতে পাই, ভরকেন্দ্রের সরণ, $h' = 5$ m



এখন,

$\eta = \frac{P'}{P}$

বা, $P = \frac{P'}{\eta} = \frac{\frac{mgh'}{t}}{\eta}$

$= \frac{\frac{1}{2}\pi r^2 h \times \rho \times g \times h'}{\eta t}$

$= \frac{\frac{1}{2} \times 3.1416 \times 2^2 \times 20 \times 1000 \times 9.8 \times 5}{0.75 \times 1200}$

বা, $P = 6841.71$ W

$\therefore P = 9.17$ H.P **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$P' = \eta \times P = 0.75 \times 6841.71$

বা, $\frac{\frac{1}{2}\pi r^2 h \rho g \times h'}{t} = 0.75 \times 6841.71$

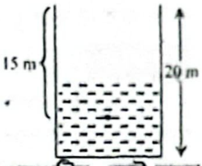
বা, $t = \frac{0.5 \times \pi r^2 h \times \rho g \times h^2}{0.75 \times 6841.71}$

এখানে,
ভরকেন্দ্রের সরণ, $h' = 15$ m
প্রয়োজনীয় সময়, $t = ?$
পানির আয়তন, $V = \frac{1}{2}\pi r^2 h$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
উচ্চতা, $h = 20$ m
ব্যাসার্ধ, $r = 2$ m

বা, $t = \frac{0.5 \times 3.1416 \times 2^2 \times 20 \times 1000 \times 9.8 \times 15}{0.75 \times 6841.71}$

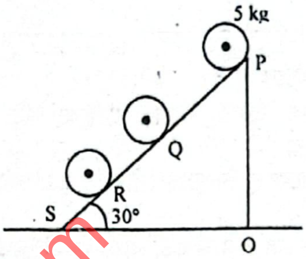
বা, $t = 3600$ s

$\therefore t = 60$ min যা 20 মিনিটের $\frac{60}{20} = 3$ গুণ।



$\therefore$ চৌবাচ্চার বাকি অর্ধেক পানি নিষ্কাশন করতে পাম্পটির একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▸ ৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ‖ প্রশ্ন নং ৩; সিলেট বোর্ড ২০২৪ ‖ প্রশ্ন নং ৪



উপরের চিত্রে একটি বস্তু স্থির অবস্থা থেকে হেলানো তল বরাবর নিচের দিকে পড়ছে। P, Q এবং R এর উচ্চতা যথাক্রমে 50 m, 20 m এবং 10 m.

ক. এক জুল কাকে বলে? ১

খ. স্প্রিং ধ্রুবক 2200 Nm^{-1} বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P বিন্দুতে বিভবশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. Q বিন্দু ও R বিন্দুতে উদ্দীপকের বস্তুটির মোট শক্তির অনুপাত 1 অপেক্ষা বেশি হবে কি-না? গাণিতকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক নিউটন বল প্রয়োগে বলের অভিমুখে বস্তুর সরণ এক মিটার হলে সম্পন্ন কাজকে এক জুল বলে।

খ 'একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2200 Nm^{-1} বলতে বুঝায় যে, সাম্যাবস্থান থেকে স্প্রিংটির মুক্ত প্রান্তের 1m সরণ ঘটানো হলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে 2200 N মানের প্রত্যয়নী বল উদ্ভূত হয়। অর্থাৎ ঐ অবস্থা বজায় রাখতে হলে বাইরে থেকে 2200 N বল স্প্রিং এর সরণের দিকে বা সাম্যাস্থানের বিপরীতে প্রয়োগ করতে হবে।

গ

$\therefore$ P বিন্দুতে বিভব শক্তি
$= mgh$
$= 5 \times 9.8 \times 50$
$= 2450$ J **(Ans.)**

এখানে,
P বিন্দুর উচ্চতা,
$h = 50$ m
বস্তুর ভর, $m = 5$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

ঘ Q বিন্দুতে বেগ v হলে,

$v^2 = u^2 + 2gh$

বা, $v^2 = 0^2 + 2 \times 9.8 \times (50 - 20)$

$\therefore v^2 = 588\ m^2s^{-2}$

$\therefore$ মোট শক্তি, $E_Q = mgh_1 + \frac{1}{2}mv^2$

বা, $E_Q = (5 \times 9.8 \times 20 + \frac{1}{2} \times 5 \times 588)$

$\therefore E_Q = 2450$ J

এখানে,
Q বিন্দুতে,
আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$
[P বিন্দুতে বেগ]
উচ্চতা, $h = (50-20)$ m ও
$h_1 = 20$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

R বিন্দুতে বেগ v_1 হলে,

${v_1}^2 = u^2 + 2gh'$

বা, ${v_1}^2 = 0^2 + 2 \times 9.8 \times (50 - 10)$

$\therefore {v_1}^2 = 784\ m^2s^{-2}$

$\therefore$ মোট শক্তি, $E_R = mgh_2 + \frac{1}{2}m{v_1}^2$

R বিন্দুতে
উচ্চতা, $h' = (50 - 10)$ m
এবং $h_2 = 10$ m

বা, $E_R = (5 \times 9.8 \times 10 + \frac{1}{2} \times 5 \times 784)J$

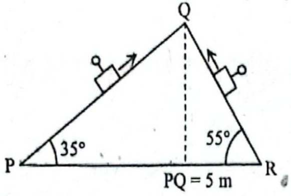
$\therefore E_R = 2450$ J

$\therefore E_Q : E_R = 2450 : 2450 = 1 : 1$

∴ Q এবং R বিন্দুতে উদ্দীপকের বস্তুটির মোট শক্তির অনুপাত 1 অপেক্ষা বেশি হবে না বরং 1 এর সমান হবে।

প্রশ্ন ▸ ৬ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৩**

50 kg ভরের একজন শ্রমিক 20 kg ভরের একটি বস্তু নিয়ে চিত্রানুযায়ী ঢাল বেয়ে Q বিন্দুতে পৌঁছাল। প্রথমে PQ পথ ব্যবহার করল। পরে RQ পথে গেল। উভয় ক্ষেত্রে আদি বেগ একই এবং Q বিন্দুতে বেগ শূন্য।



ক. এক জুল কাকে বলে? ১

খ. সংরক্ষণশীল বলের ক্রিয়ায় যান্ত্রিক শক্তি সংরক্ষিত থাকে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P বিন্দু থেকে Q বিন্দুতে পৌঁছাতে কৃত কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন পথে সে কম ক্ষমতা ব্যয়ে Q বিন্দুতে পৌঁছাতে পারবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক নিউটন বল প্রয়োগে বলের অভিমুখে বস্তুর সরণ এক মিটার হলে সম্পন্ন কাজকে এক জুল বলে।

খ সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃতকাজ একটি পূর্ণচক্রে শূন্য হয়। অর্থাৎ কোনো কণার উপর সংরক্ষণশীল বল ক্রিয়া করে আদি অবস্থান হতে নতুন অবস্থানে নিলে যদি ধনাত্মক কাজ হয়, তবে ঐ অবস্থান হতে আদি অবস্থানে আনতে একই মানের ঋণাত্মক কাজ হয়। এক্ষেত্রে কৃতকাজ হলো শক্তির পরিমাপ। মোট কাজ শূন্য হওয়ায় শক্তির কোনো অপচয় হয় না তাই যান্ত্রিক শক্তি সংরক্ষিত থাকে।

গ আমরা জানি,

$W = mgh$

$= 70 \times 9.8 \times 5 \sin 35°$

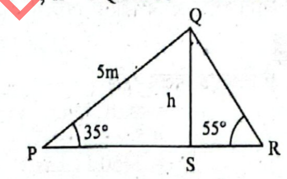
$= 1967.37$ J **(Ans.)**

এখানে,

মোট ভর, $m = (50 + 20)$ kg $= 70$ kg

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

উচ্চতা, $h = PQ \sin 35° = 5 \sin 35°$



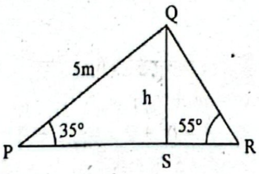
ঘ এখানে,

$h = 5 \sin 35° = 2.87$ m

আবার,

$\sin 55° = \frac{h}{RQ}$

$\therefore RQ = \frac{h}{\sin 55°} = \frac{2.87}{0.819} = 3.5$ m



মোট ভর, $m = (50 + 20)$ kg $= 70$ kg

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

উভয়ক্ষেত্রে কৃতকাজ এর পরিমাণ একই হবে। সুতরাং কৃতকাজ,

$W = 1967.375$ J ['গ' হতে]

PQ পথে,

$s_1 = \frac{v + u}{2} \times t_1$

বা, $5 = \frac{0 + u}{2} \times t_1$

$\therefore t_1 = \frac{10}{u}$

এখানে,
আদিবেগ, = u
শেষবেগ = v = 0 ms^{-1}
সরণ, PQ = s_1 = 5 m
সময় = t_1

RQ পথে,

$s_2 = \frac{v + u}{2} \times t_2$

বা, $3.5 = \frac{0 + u}{2} \times t_2$

$\therefore t_2 = \frac{7}{u}$

এখানে,
আদিবেগ, = u
শেষবেগ = v = 0 ms^{-1}
সরণ, RQ = s_2 = 3.5 m
সময় = t_2

∴ PQ পথে ব্যয়িত ক্ষমতা, $P_1 = \frac{W}{t_1} = \frac{1967.37}{\frac{10}{u}}$

$= 196.737u$ W

∴ RQ পথে ব্যয়িত ক্ষমতা, $P_2 = \frac{W}{t_2} = \frac{1967.37}{\frac{7}{u}}$

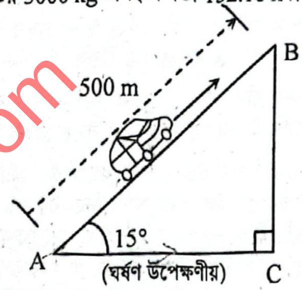
$= 281.053u$ W

যেহেতু $P_1 < P_2$

∴ উক্ত শ্রমিক PQ পথে কম ক্ষমতা ব্যয়ে Q বিন্দুতে পৌঁছাতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ৭ **যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ২**

চিত্রের গাড়িটির ভর 3000 kg এবং ক্ষমতা 152.18 kW, [$g = 9.8$ ms^{-2}]



ক. অশ্বক্ষমতা কাকে বলে? ১

খ. প্রদত্ত শক্তি ও কার্যকর শক্তির ব্যবধান বেশি হলে যন্ত্রের দক্ষতা কম হবে- ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গাড়িটি A হতে B তে যেতে কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. "AB রাস্তা বরাবর গাড়িটির বেগ 72 kmh^{-1} সীমা অতিক্রম করা সম্ভব নয়" – গাণিতিকভাবে উক্তিটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ব্যক্তি বা যন্ত্র যদি প্রতি সেকেন্ডে 746 J পরিমাণ কাজ করতে পারে বা 746 J পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে পারে, তবে তার ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে।

খ আমরা জানি,

দক্ষতা, $\eta = \frac{E}{E_0} \times 100\%$

এখানে, E = কার্যকর শক্তি এবং E_0 = প্রদত্ত শক্তি।

প্রদত্ত শক্তি সর্বদা কার্যকর শক্তির চেয়ে বেশি হয়। কোনো যন্ত্রের ক্ষেত্রে যদি প্রদত্ত শক্তি 5 একক ও কার্যকর শক্তি 4 একক হয়, তবে সেই যন্ত্রের দক্ষতা হবে, $\eta = \frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$। এখন প্রদত্ত শক্তি ও কার্যকর শক্তির ব্যবধান বেশি হলে, যেমন কার্যকর শক্তি 3 একক হলে দক্ষতা হবে, $\eta = \frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$, যা পূর্বের চেয়ে কম। তাই বলা যায়, প্রদত্ত শক্তি ও কার্যকর শক্তির ব্যবধান বেশি হলে যন্ত্রের দক্ষতা কম হবে।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3804639.963 J

ঘ আমরা জানি,

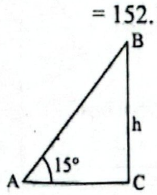
ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t}$

বা, $P = \frac{mgAB\sin 15°}{t}$

বা, $P = mg\sin 15° \times \frac{AB}{t}$

বা, $P = mg\sin 15° \times v$

এখানে,
গাড়ির ভর, m = 3000 kg
ক্ষমতা, P = 152.18 kW
= 152.18×10^3 W



উচ্চতা, $h = AB\sin 15°$

বা, $v = \frac{P}{mg\sin 15°}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
A থেকে B তে যেতে প্রয়োজনীয় সময় = t
গাড়ির বেগ, $\frac{AB}{t} = v$

বা, $v = \frac{152.18 \times 10^3}{3000 \times 9.8 \times \sin 15°}$

বা, $v = 20\ ms^{-1} = \frac{20 \times 3600}{1000}\ kmh^{-1}$

$\therefore v = 72\ kmh^{-1}$

∴ AB রাস্তা বরাবর গাড়িটির বেগ 72 kmh^{-1} সীমা অতিক্রম করা সম্ভব নয়। কারণ, P = 152.18kW ক্ষমতা দিয়ে B বিন্দুতে সর্বোচ্চ 72 kmh^{-1} বেগ পাওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৮ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ❚ প্রশ্ন নং ৮

W_1 ও W_2 দুটি পানিপূর্ণ কুয়া যাদের গভীরতা যথাক্রমে 12 m ও 10 m এবং ব্যাস যথাক্রমে 1.8m ও 2m। X_1 ও X_2 দুটি পাম্প যাদের কর্মদক্ষতা যথাক্রমে 75% ও 65%। X_1 পাম্পটি W_1 কুয়াকে 24 মিনিটে পানিশূন্য করতে পারে। X_2 পাম্পের ক্ষমতা 2.5 H.P.

ক. পরিবর্তনশীল বল কাকে বলে? ১
খ. মহাকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. X_1 পাম্পটির ক্ষমতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. X_1 ও X_2 পাম্প দ্বারা W_2 কুয়াকে একই সময়ে পানিশূন্য করা যাবে কিনা— গাণিতিকভাবে মতামত দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সময়ের সাথে যে বলের মানের ও দিকের অথবা যেকোনো একটির পরিবর্তন হয় তাকে পরিবর্তনশীল বল বলে।

খ যে বল কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কৃতকাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বলে। মহকার্ষ বল দ্বারা কাজ আদি ও চূড়ান্ত অবস্থানে ওপর নির্ভর করে, গতিপথের ওপর নয়। এই বল দ্বারা কাজ পুনরুদ্ধার করা যায়। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে কোনো বস্তুকে যেকোনো পথে আদি অবস্থানে আনলে কাজ শূন্য হয়। তাই মহাকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.286 HP।

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $t_1 = 1234.57$ s, $t_2 = 1269.86$ s।
∵ $t_1 \neq t_2$, ∴ X_1 ও X_2 পাম্প দ্বারা W_2 কুয়াকে একই সময়ে পানিশূন্য করা যাবে না।

প্রশ্ন ▸ ৯ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ❚ প্রশ্ন নং ৩

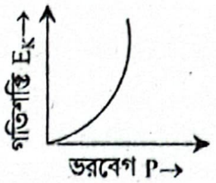
একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 15 m ও ব্যাসার্ধ 1 m। কুয়াটি পানিশূন্য করার জন্য 6 HP একটি পাম্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি উঠানোর পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেল। বাকি পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতাসম্পন্ন আরো একটি পাম্প লাগানো হল।

ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১
খ. কোনো বস্তুর গতিশক্তির সাথে ভরবেগের সম্পর্ক লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম পাম্পের দ্বারা কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পাম্প দুটি দ্বারা পানি তুলতে সময় একই লাগবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

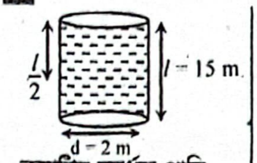
৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াস হচ্ছে জড়তার ভ্রামক এবং কোনো বস্তুর প্রতিটি কণার ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ থেকে এদের দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টি দ্বারা এটি পরিমাপ করা হয়।

খ m ভরের কোনো বস্তুর ভরবেগ P ও গতিশক্তি E_K হলে এদের মধ্যকার সম্পর্ক হলো, $E_K = \frac{P^2}{2m}$। কোনো বস্তুর ভর, m ধ্রুবক হয়। তাই সম্পর্কটি হতে দেখা যাচ্ছে যে গতিশক্তি E_K হলো ভরবেগের বর্গের সমানুপাতিক। তাই গতিশক্তিকে Y অক্ষে স্থাপন করে ভরবেগকে X অক্ষে স্থাপন করলে $x^2 = 4ay$ আকারের লেখচিত্র পাওয়া যাবে যা একটি পরাবৃত্ত। পাশে লেখচিত্রের মাধ্যমে তা দেখানো হলো।



গ



কুয়াটির অর্ধেক পানি শূন্য করার ক্ষেত্রে
কৃতকাজ, W = mgh

$= \frac{\pi r^2 l}{2} \rho \times g \times h$

$= \frac{1}{2} \times 3.1416 \times 1^2 \times 15 \times 1000 \times 9.8 \times 3.75$

= 865903.5 J (Ans.)

এখানে,
কুয়ার গভীরতা, l = 15 m
ব্যাসার্ধ, r = 1 m
কুয়াটি অর্ধেক পানিশূন্য করার ক্ষেত্রে গড়

সরণ, $h = \frac{0 + \frac{l}{2}}{2} = \frac{l}{4} = \frac{15}{4}\ m = 3.75\ m$

অর্ধেক পানির ভর, $m = \frac{V\rho}{2} = \frac{\pi r^2 l}{2} \rho$

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
কৃতকাজ, W = ?

ঘ

২য় ক্ষেত্রে গড় সরণ,

$h_2 = \frac{\frac{l}{2} + l}{2}$

$= \frac{7.5 + 15}{2}$

= 11.25 m

এখানে,
কুয়ার গভীরতা, l = 15 m
১ম পাম্পের ক্ষমতা, P_1 = ২য় পাম্পের ক্ষমতা, P_2 = 6 HP
= 6 × 746
= 4476 W

উভয় ক্ষেত্রে পানির ভর,

$m = \frac{v\rho}{2} = \frac{\pi r^2 l \rho}{2}$

$= \frac{\pi \times 1^2 \times 15 \times 1000}{2}$

= 23562 kg

১ম ও ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে যথাক্রমে t_1 ও t_2 সময় লাগলে,
'গ' হতে পাই,
প্রথম পাম্পের কৃতকাজ, $W_1 = 865903.5$ J

১ম ক্ষেত্রে $P_1 = \frac{W_1}{t_1}$ $\therefore t_1 = \frac{W_1}{P_1} = \frac{865903.5}{4476} = 193.45\ s$

দ্বিতীয় পাম্পের কৃতকাজ W_2 হলে,

২য় ক্ষেত্রে, $P_2 = \frac{W_2}{t_2}$

$\therefore t_2 = \frac{W_2}{P_2} = \frac{mgh_2}{P_2} = \frac{23562 \times 9.8 \times 11.25}{4476} = 580.36\ s$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, $t_1 < t_2$
অতএব, ১ম ও ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে প্রয়োজনীয় সময় একই লাগবে না বরং ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে সময় বেশি লাগবে।

প্রশ্ন ▸ ১০ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ❚ প্রশ্ন নং ৪

400 kg ভরের একটি গাড়ি 60 kmh^{-1} সমবেগে 10° কোণে নততল বরাবর উপরে উঠে। [ঘর্ষণ গুণাঙ্ক μ এর মান 0.3 এবং g এর মান 9.8 ms^{-2}] *◂ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে*

ক. ডাইভারজেন্স কাকে বলে? ১
খ. একটি স্প্রিং-কে খণ্ডিত করলে এর ধ্রুবক পরিবর্তন হবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল বিরুদ্ধ বলের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গাড়ির ইঞ্জিনের ক্ষমতা কত হলে গাড়িটি সমবেগে না চলে বরং ত্বরণ প্রাপ্ত হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ভেক্টর ফাংশন বা ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স এমন একটি স্কেলার ফাংশন যা দ্বারা কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুতে একটি ভেক্টর ক্ষেত্রের উৎস বা লক্ষ্যস্থলের মান নির্দেশিত হয়।

খ আমরা জানি, স্প্রিং ধ্রুবক k হলে, $F = kx$ বা, $k = \frac{F}{x}$

এখন, স্প্রিংটিকে যদি সমান দুইভাগে ভাগ করা হয়, সেক্ষেত্রে উভয় খণ্ডে F পরিমাণ বল প্রয়োগ করলে স্প্রিং দুইটির প্রসারণ x_1 ও x_2 হবে বলে ধরে নিই। তাহলে, $x = x_1 + x_2$ হবে।

এখন একই স্প্রিংকে সমান দুই ভাগে বিভক্ত করায়, $x_1 = x_2$ হবে।

অর্থাৎ $x = x_1 + x_1$

বা, $2x_1 = x$

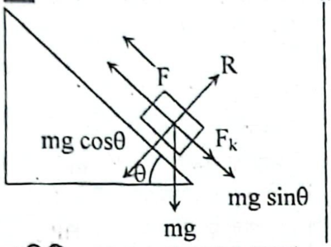
বা, $x_1 = \frac{x}{2}$ হবে

একটি স্প্রিং খণ্ডের স্প্রিং ধ্রুবক k_1 হলে আমরা লিখতে পারি, $k_1 = \frac{F}{x_1}$

বা, $k_1 = \frac{F}{\frac{x}{2}} = 2\frac{F}{x} = 2k$

অর্থাৎ একটি স্প্রিং-কে খণ্ডিত করলে এর ধ্রুবক পরিবর্তন হবে।

গ ধরি, গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল বিরুদ্ধ বল F



এখানে,
গাড়ির ভর, $m = 400$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu = 0.3$
কোণ, $\theta = 10°$

গাড়িটি সমবেগে যায় বলে, ত্বরণ $a = 0$ ms^{-2}

আমরা জানি, $\sum F = ma$

বা, $F - F_k - mg\sin\theta = 0$

বা, $F = F_k + mg\sin\theta$

বা, $F = \mu R + mg\sin\theta$

বা, $F = \mu\, mg\cos\theta + mg\sin\theta$ [$\because R = mg\cos\theta$]

বা, $F = mg(\mu \cos\theta + \sin\theta)$

বা, $F = 400 \times 9.8 \times (0.3 \cos 10° + \sin 10°)$

$\therefore F = 1838.835$ N **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল বিরুদ্ধ বলের মান,
$F = 1838.835$ N।
উক্ত বলের জন্য গাড়িটি সমবেগে উপরের দিকে উঠে।

আমরা জানি, ক্ষমতা,

$P = Fv$
$= 1838.835 \times 16.667$
$= 30647.86$ W

এখানে,
বল, $F = 1838.835$ N
গাড়ির সমবেগ,
$v = 60$ kmhr^{-1}
$= \frac{60 \times 1000}{3600}$ ms^{-1}
$= 16.667$ ms^{-1}

যদি গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল বিরুদ্ধ বলের মান F এর চেয়ে বেশি হয়, তবে গাড়িটি সমবেগে না যেয়ে ত্বরণ প্রাপ্ত হবে এবং ক্ষমতাও P এর চেয়ে বেশি হবে।

সুতরাং বলা যায়, গাড়ির ইঞ্জিনের ক্ষমতা 30647.86 W এর চেয়ে বেশি হলে গাড়িটি সমবেগে না চলে ত্বরণ প্রাপ্ত হবে।

প্রশ্ন ▸ ১১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ২

একটি স্প্রিং এর উপর 10 N বল প্রয়োগ করায় এটি 4 cm প্রসারিত হলো। স্প্রিংটিকে প্রথমে 6 cm এবং পরে আরো 6 cm প্রসারিত করা হলো।

ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১
খ. 'শূন্য কাজ' প্রযুক্ত বলের দিকের উপর নির্ভর করে– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে সমান প্রসারণের জন্য কাজের পরিমাণ সমান হবে কি? গাণিতিক ব্যাখ্যার মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

খ 'শূন্য কাজ' প্রযুক্ত বলের দিকের উপর নির্ভর করে। কাজ হলো বল ও বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফলের মান। যখন বস্তুর ওপর বল প্রয়োগ করা হলেও বলের দিকে সরণের কোনো উপাংশ থাকে না তখন সেখানে কাজের মান শূন্য হয়। অর্থাৎ, বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ যদি 90° হয়, অর্থাৎ বল ও সরণের দিক যদি পরস্পর লম্ব হয়, তখন ঐ বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হয়। তাই বলা যায় শূন্য কাজ প্রযুক্ত বলের দিকের উপর নির্ভর করে।

গ

আমরা জানি,
$F = kx$
বা, $k = \frac{F}{x}$
$= \frac{10}{0.04}$
$= 250$ Nm^{-1} **(Ans.)**

এখানে,
প্রযুক্ত বল, $F = 10$ N
স্প্রিং এর প্রসারণ, $x = 4$ cm
$= 0.04$ m
$\therefore$ স্প্রিং ধ্রুবক $k = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই,
স্প্রিং ধ্রুবক, $k = 250$ Nm^{-1}
এখানে, আদি সরণ, $x_i = 0$ m
১ম ক্ষেত্রে, সরণ $x_{f_1} = 6$ cm $= 0.06$ m
২য় ক্ষেত্রে আরো 6 cm প্রসারিত করা হয়।
সুতরাং ২য় ক্ষেত্রে, সাম্যাবস্থা থেকে সরণ, $x_{f_2} = 6 + 6 = 12$ cm $= 0.12$ m
১ম ক্ষেত্রে কৃত কাজ, W_1 হলে

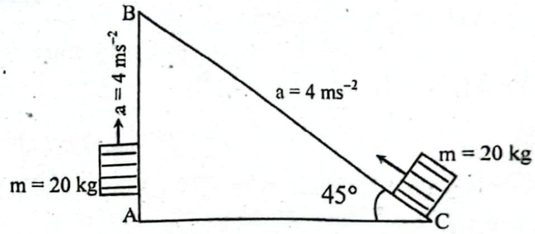
$W_1 = \frac{1}{2}k({x_{f_1}}^2 - {x_i}^2) = \frac{250}{2}((0.06)^2 - 0^2) = 0.45$ J

২য় ক্ষেত্রে কৃত কাজ, W_2 হলে

$W_2 = \frac{1}{2}k({x_{f_2}}^2 - {x_{f_1}}^2) = \frac{250}{2}((0.12)^2 - 0.06^2) = 1.35$ J

এখানে, $W_1 \neq W_2$
তাই প্রথম ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে সমান প্রসারণের জন্য কাজের পরিমাণ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ১২ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৩



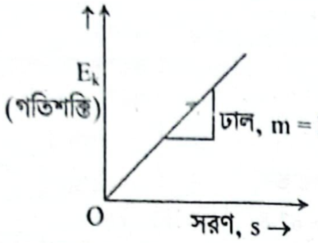
20 kg ভরের একটি বস্তুকে চিত্রানুযায়ী A বিন্দু থেকে B বিন্দুতে উঠানো হলো। একই ভরের অপর একটি বস্তুকে C থেকে B বিন্দুতে নেয়া হলো।

ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১
খ. সরণ বনাম গতিশক্তির লেখচিত্রের ঢালটি বল নির্দেশ করে– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম ক্ষেত্রে কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় কোন ক্ষেত্রে বস্তুটিকে নিয়ে যাওয়া সহজ হয়েছে? গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

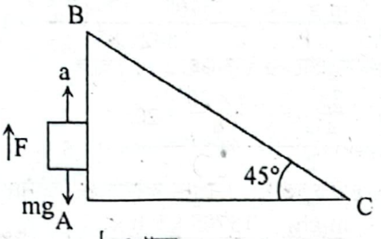
খ আমরা জানি, কোনো বস্তুকে স্থির অবস্থান থেকে গতিশীল করতে যতটুকু কাজ করতে হয়, তা দ্বারা বস্তুর গতিশক্তি পরিমাপ করা হয়। অর্থাৎ, কৃতকাজ W ও গতিশক্তি E_k হলে, $W = E_k$ বা, $Fs = E_k$ [$\because$ কৃতকাজ, $W = Fs$]



এখন, গতিশক্তি E_k, y অক্ষ বরাবর ও সরণ s, x অক্ষ বরাবর আঁকলে যে লেখচিত্র পাওয়া যায়, তা মূলবিন্দুগামী সরলরেখা (y = mx আকৃতির) হবে।

এখন, $E_k = Fs$ কে $y = mx$ এর সাথে তুলনা করে পাই, ঢাল $m = F$।
অর্থাৎ সরণ বনাম গতিশক্তির লেখচিত্রের ঢালটি বল নির্দেশ করে।

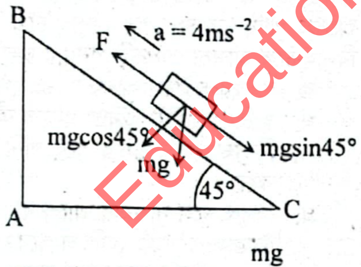
গ ১ম ক্ষেত্রে, বস্তুকে A থেকে B খাড়া পথে উঠানো হচ্ছে।



ধরি, উচ্চতা, AB = h
এক্ষেত্রে, প্রযুক্ত বল F হলে,
$\sum F = ma$
বা, $F - mg = ma$
বা, $F = mg + ma$
বা, $F = m(g + a)$
বা, $F = 20(9.8 + 4)$
$\therefore F = 276\text{ N}$
AB পথে বস্তুটিকে উঠাতে কৃতকাজ
$W_{AB} = Fh\cos0°$
$= Fh$
$= 276h\text{ J}$ **(Ans.)**

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 20\text{ kg}$
ত্বরণ, $a = 4\text{ ms}^{-2}$
বল, F ও সরণ h এর মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 0°$
সরণ, AB = h
$g = 9.8\text{ ms}^{-2}$

ঘ ২য় ক্ষেত্রে বস্তুটিকে C থেকে B বিন্দুতে আনত তল বরবার উঠানো হচ্ছে।



এক্ষেত্রে, সরণ CB = s ও উচ্চতা AB = h হলে,

$$\sin45° = \frac{AB}{BC}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{h}{s}$$

$$\text{বা, } s = h\sqrt{2}\text{ m}$$

বস্তুকে C থেকে B তে উঠানোর ক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল F হলে,
$\sum F = ma$
বা, $F - mg\sin45° = ma$
বা, $F = ma + mg\sin45°$
বা, $F = m(a + g\sin45°)$
$= 20(4 + 9.8 \times \sin45°)$
$= 218.6\text{ N}$

এখানে,
ভর, $m = 20\text{ kg}$
ত্বরণ, $a = 4\text{ ms}^{-2}$
$g = 9.8\text{ ms}^{-2}$
আনত তলের সাথে কোণ, $\theta = 45°$
বল F ও সরণ s এর মধ্যবর্তী কোণ $\theta = 0°$
সরণ, $s = CB = h\sqrt{2}\text{ m}$

∴ বস্তুকে C থেকে B তে নিতে F বল দ্বারা কৃতকাজ,
$W_{CB} = Fs\cos0° = 218.6 \times h\sqrt{2} \times 1 = 309.15h\text{ J}$
'গ' থেকে পাই, ১ম ক্ষেত্রে AB পথে বস্তুটিকে উঠাতে কৃতকাজ,
$W_{AB} = 276h\text{ J}$
দেখা যাচ্ছে, $W_{AB} < W_{CB}$
সুতরাং ১ম ক্ষেত্রে কাজের পরিমাণ কম হওয়ায় এক্ষেত্রে কম শক্তি ব্যয় করতে হবে। তাই ১ম ক্ষেত্রে AB পথে বস্তুটিকে নিয়ে যাওয়া সহজ হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ২

একটি স্প্রিং এর উপর 10 N বল প্রয়োগ করায় এটি 4 cm প্রসারিত করা হলো। স্প্রিংটিকে প্রথমে 6 cm এবং পরবর্তীতে আরো 6 cm প্রসারিত করা হলো।

ক. কর্মদক্ষতা কী? ১
খ. কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে সমান প্রসারণের জন্য কাজের পরিমাণ সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক লভ্য কার্যকর শক্তি এবং মোট প্রদত্ত শক্তির অনুপাতকে কর্মদক্ষতা বলে।

খ কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়। কোনো বস্তু যখন বৃত্তাকার পথে ঘুরে তখন ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্র অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে গতিশীল রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে। বৃত্তাকার পথে ঘুরলে বস্তুটির কেন্দ্রমুখী বলের দিকে সরণের কোনো উপাংশ থাকে না অর্থাৎ সরণের উপাংশের মান শূন্য। যেহেতু কাজ হলো বল ও বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফলের সমান, তাই বলা যায় সরণের উপাংশ শূন্য হওয়ায় কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ১৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৩

একটি কণার উপর $\vec{F} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k})$ N বল প্রয়োগ করায় P(2, 1, – 3) বিন্দু হতে Q(3, – 2, 1) বিন্দুতে স্থানান্তরিত হয়। অপর একটি বল $F' = (-\hat{i} - \hat{j} + \hat{k})$ N $\vec{F}$ এর সাথে প্রযুক্ত হয়ে কণাটিকে P বিন্দুতে থেকে R(–2, 1, 3) বিন্দুতে স্থানান্তরিত করে। *◀ অধ্যায় ২ ও ৫ এর সমন্বয়ে*

ক. যান্ত্রিক শক্তি কী? ১
খ. ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল, ব্যাখ্যা করো। ২
গ. $\overrightarrow{PQ}$ সরণের জন্য কৃত কাজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. $\overrightarrow{PQ}$ এবং $\overrightarrow{PR}$ সরণের উভয়ক্ষেত্রে গতিশক্তির পরিবর্তন সমান হবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু তার অবস্থান, আকার এবং গতির কারণে যে শক্তি অর্জন করে তাই তার যান্ত্রিক শক্তি।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না, সেই বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বলের দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক, ফলে একটি পূর্ণ চক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনো শূন্য হতে পারে না। তাই ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ

PQ সরণের ভেক্টর রূপ

$$\overrightarrow{PQ} = (3-2)\hat{i} + (-2-1)j + \{1-(-3)\}\hat{k}$$

$$\therefore \overrightarrow{PQ} = \hat{i} - 3j + 4\hat{k}$$

এখানে,
P(2, 1, – 3) এর অবস্থান ভেক্টর $\overrightarrow{OP} = 2\hat{i} + \hat{j} - 3\hat{k}$
Q(3, – 2, 1) এর অবস্থান ভেক্টর $\overrightarrow{OQ} = 3\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k}$
প্রযুক্ত বল, $F = 2\hat{i} + 3j - 2\hat{k}$
কৃতকাজ, W = ?

আমরা জানি, কৃতকাজ,

$$W = \vec{F}.\vec{S} = \vec{F}.\overrightarrow{PQ} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}).(\hat{i} - 3\hat{j} + 4\hat{k})$$

$$= 2 \times 1 + 3 \times (-3) + (-2) \times 4$$

$$= 2 - 9 - 8 = -15\text{ J}$$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

$\overrightarrow{PQ}$ সরণের জন্য কৃতকাজ W = – 15 J
২য় ক্ষেত্রে নিট বল, F″ হলে,
$F'' = F + F'$
$= 2\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k} - \hat{i} + \hat{j} - \hat{k}$

এখানে,
P(2, 1, – 3) এর অবস্থান ভেক্টর
$\overrightarrow{OP} = 2\hat{i} + \hat{j} - 3\hat{k}$

$= \hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$

$Q(3, -2, 1)$ এর অবস্থান ভেক্টর $\overrightarrow{OQ} = 3\hat{i} - 2\hat{j} + \hat{k}$

এবং $R(-2, 1, 3)$ এর অবস্থান ভেক্টর $\overrightarrow{OR} = -2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}$

$F' = (-\hat{i} + \hat{j} + \hat{k})\,N$

$F = (2\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k})\,N$

সরণ, $\overrightarrow{PR} = (-2-2)\,\hat{i} + (1-1)\,\hat{j} + \{3-(-3)\}\,\hat{k} = -4\hat{i} + 6\hat{k}$

$\therefore$ কৃতকাজ $W_1 = F'' . \overrightarrow{PR} = (\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}) . (-4\hat{i} + 6\hat{k})$

$= (-4)\,1 + (-1)\,6 = -10\,J$

কাজ-শক্তি উপপাদ্য হতে পাই,

কৃতকাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন

$\overrightarrow{PQ}$ সরণে গতশক্তির পরিবর্তন, $\Delta K_1 = -15J$

$\overrightarrow{PR}$ সরণে গতিশক্তির পরিবর্তন, $\Delta K_2 = -10J$

এখানে, $\Delta K_1 \neq \Delta K_2$

সুতরাং, $\overrightarrow{PQ}$ এবং $\overrightarrow{PR}$ সরণের উভয়ক্ষেত্রে গতিশক্তির পরিবর্তন সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ১৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৪

একটি পানিপূর্ণ কূপের গভীরতা ও ব্যাস যথাক্রমে 20 m ও 2 m। একটি পাম্প 30 min এ কূপটিকে পানিশূন্য করতে পারে। $[g = 9.8\ ms^{-2}]$

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি লেখো। ১

খ. গতিশক্তির মান সর্বদা ধনাত্মক হয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পাম্পের ক্ষমতা বের করো। ৩

ঘ. কূপটির ১ম চতুর্ভাগ ও ৪র্থ চতুর্ভাগ পানিশূন্য করতে প্রয়োজনীয় সময়ের তারতম্য হবে কি না? হলে কেমন হবে হিসাব বের দেখাও। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ আমরা জানি, m ভরের কোনো বস্তু v বেগে গতিশীল হলে গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ হয়। কোনো বস্তুর ভর, m সবসময় ধনাত্মক হয়। আবার বেগ যেহেতু একটি ভেক্টর রাশি তাই বেগের মান ধনাত্মক ও ঋণাত্মক দুইটাই হতে পারে। কিন্তু বেগের বর্গ সবসময় ধনাত্মক হয়। যেহেতু ভর, m ও বেগের বর্গ, v^2 উভয়ই ধনাত্মক-এজন্য গতিশক্তির মান সর্বদা ধনাত্মক হয়।

গ এখানে,

কূপের গভীরতা, $h = 20\ m$

কূপের ব্যাসার্ধ, $r = \frac{2}{2} = 1\ m$

সময়, $t = 30\ min = 30 \times 60 = 1800\ sec$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

গড় গভীরতা $h' = \left(\frac{0+20}{2}\right) m = 10\ m$

পানির ঘনত্ব, $\rho_w = 1000\ kgm^{-3}$

ব্যবহৃত পাম্পের ক্ষমতা, $P = ?$

আমরা জানি,

$$P = \frac{mgh'}{t} = \frac{\rho_w \times \pi r^2 h \times g \times h'}{t} = \frac{1000 \times 3.1416 \times 1^2 \times 20 \times 9.8 \times 10}{1800}$$
$$= 3420.85\ W$$
$$= 4.58\ HP\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই,

পাম্পের ক্ষমতা, $P = 3420.85\ W$

কূপের আয়তন,

$V = \pi r^2 h$

$= \pi \times 1^2 \times 20$

$= 62.832\ m^3$

এখানে,

কূপের গভীরতা, $h = 20\ m$

ব্যাস, $d = 2\ m$

$\therefore$ ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = \frac{2}{2} = 1\ m$

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$

কূপটিতে মোট পানির ভর,

$m = \rho V = 1000 \times 62.832 = 62832\ kg$

১ম ও ৪র্থ চতুর্ভাগে পানির পরিমাণ, $m_1 = \frac{m}{4} = \frac{62832}{4} = 15708\ kg$

কূপটির ১ম চতুর্থভাগের ক্ষেত্রে,

গড় উচ্চতা, $h_1 = \frac{0 + \frac{h}{4}}{2} = \frac{0 + \frac{20}{4}}{2} = \frac{5}{2} = 2.5\ m$

$\therefore$ ১ম চতুর্থভাগ পানিশূন্য করতে প্রয়োজনীয় সময়, t_1 হলে

$t_1 = \frac{m_1 g \times h_1}{P} = \frac{15708 \times 9.8 \times 2.5}{3420.85} = 112.5\ s$

৪র্থ চতুর্ভাগের গড় উচ্চতা, h_2 হলে,

$h_2 = \frac{\frac{3h}{4} + h}{2} = \frac{\frac{3 \times 20}{4} + 20}{2} = 17.5\ m$

$\therefore$ ৪র্থ চতুর্ভাগ পানিশূন্য করতে প্রয়োজনীয় সময় t_2 হলে,

$t_2 = \frac{m_1 g h_2}{P} = \frac{15708 \times 9.8 \times 17.5}{3420.85} = 787.5\ s$

এখানে, $t_1 \neq t_2$

তাই কূপটির ১ম চতুর্ভাগ ও ৪র্থ চতুর্ভাগ পানিশূন্য করতে প্রয়োজনীয় সময়ের তারতম্য হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৬ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং

একটি ছাত্রাবাসের পানির রিজার্ভ ট্যাংকটির দৈর্ঘ্য 1.6 মিটার, প্রস্থ 1. মিটার এবং গভীরতা 1.2 মিটার। ট্যাংকটির দুই-তৃতীয়াংশ পানি দ্বা পূর্ণ রয়েছে। 50 মিটার উঁচুতে পানি তোলার জন্য ছাত্রাবাসে 5.5 kW ক্ষমতা সম্পন্ন একটি তড়িৎ মোটর ব্যবহার করা হয় যার দক্ষতা 80%। অর্ধেক পানি তোলার পর বিদ্যুৎ চলে গেলে পাম্পটি বন্ধ হয়ে যায়। বিদ্যুৎ চলে আসায় পাম্পটি পুনরায় চালু করায় ট্যাংকি পানি শূন্য হয়।

ক. অসংরক্ষণশীল বলের সংজ্ঞা লেখো।

খ. 1 কিলোওয়াট ক্ষমতা বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করো।

গ. বিদ্যুৎ চলে যাওয়ার পূর্বে পানি উত্তোলনে ব্যয়িত শক্তি নির্ণয় করো।

ঘ. বিদ্যুৎ চলে যাওয়ার আগে বা পরে কোন ক্ষেত্রে পানি উত্তোলনে সময় বেশি লাগবে? তোমার মতামত গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বলকে অসংরক্ষণশীল বলা হবে যদি একটি বস্তু পূর্ণ চক্র সম্প করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য না হয়।

খ কাজ সম্পাদনকারী কোনো ব্যক্তি বা যন্ত্রের কাজ করার হার বা শ সরবরাহের হারকে ক্ষমতা বলে। 1 kW ক্ষমতা বলতে বুঝায় বস্তুটি সেকেন্ডে 1 kJ বা 1000 J কাজ করতে পারে।

গ ট্যাংকটির দুই তৃতীয়াংশ পানি দ্বারা পূর্ণ।

তাই পানির উচ্চতা, $c' = \frac{2c}{3}$

$= \frac{2 \times 1.2}{3}$

$= 0.8\ m$

এখানে,

ট্যাংকটির দৈর্ঘ্য, $a = 1.6\ m$

ট্যাংকটির প্রস্থ, $b = 1.4\ m$

ট্যাংকটির গভীরতা, $c = 1.2\ m$

ছাত্রাবাসটির উচ্চতা, $h = 50\ m$

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$

পানির আয়তন, $V = abc' = 1.6 \times 1.4 \times 0.8 = 1.792\ m^3$

মোট পানির পরিমাণ, $m = \rho V = 1000 \times 1.792 = 1792\ kg$

$\therefore$ অর্ধেক পানির ভর, $m' = \frac{m}{2} = \frac{1792}{2} = 896\ kg$

১ম ক্ষেত্রে, পানির লেভেল থেকে ছাত্রাবাসের উচ্চতা, $h' = h + \frac{c}{3}$

$= 50 + \frac{1.2}{3}$

$= 50.4\ m$

অর্ধেক পানিশূন্য করা হলে, পানির লেভেল থেকে ছাত্রাবাসের উচ্চতা,

$h'' = h + \frac{2c}{3} = 50 + \frac{2 \times 1.2}{3} = 50.8\ m$

গড় উচ্চতা, $h_1 = \frac{h' + h''}{2} = \frac{50.4 + 50.8}{2} = 50.6\ m$

ব্যয়িত শক্তি, $W_1 = m_1 g h_1$
$= 896 \times 9.8 \times 50.6$
$= 444308.48\ J$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

১ম ক্ষেত্রে ব্যয়িত শক্তি, $W_1 = 444308.48\ J$
অর্ধেক পানির ভর, $m_1 = 896\ kg$
ট্যাংকটির উচ্চতা, $c = 1.2\ m$
পরের অর্ধেক পানি তোলার ক্ষেত্রে পানির লেভেল থেকে ছাত্রাবাসের উচ্চতা, $h'' = 50.8\ m$
ট্যাংকটির নিচ হতে ছাত্রাবাসের উচ্চতা, $h''' = h + \dot{c} = 50 + 1.2 = 51.2\ m$

গড় উচ্চতা, $h_2 = \frac{h'' + h'''}{2} = \frac{50.8 + 51.2}{2} = 51\ m$

পানি তুলতে ব্যয়িত শক্তি, W_2
$\therefore W_2 = m_1 g h_2 = 896 \times 9.8 \times 51 = 447820.8\ J$
এখানে, ক্ষমতা, $P = 5.5\ kW = 5500\ W$
দক্ষতা, $\eta = 80\% = 0.8$
১ম ক্ষেত্রে পানি তুলতে প্রয়োজনীয় সময় t_1 হলে,

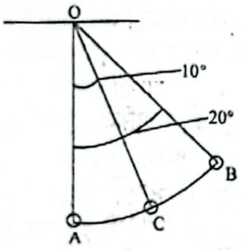
$t_1 = \frac{W_1}{\eta \times P} = \frac{444308.48}{0.8 \times 5500} = 100.98\ s$

২য় ক্ষেত্রে পানি তুলতে প্রয়োজনীয় সময় t_2 হলে,

$t_2 = \frac{W_2}{\eta \times P} = \frac{447820.8}{0.8 \times 5500} = 101.777\ s$

এখানে, $t_2 > t_1$
সুতরাং, বিদ্যুৎ চলে যাওয়ার পরে পানি উত্তোলনে সময় বেশি লাগবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭ যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৬



ববের ভর, 0.05 kg
দোলকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য, 1 m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $9.8\ ms^{-2}$

ক. ইপক কী? ১
খ. বৈদ্যুতিক পাখার গতি পর্যাবৃত্ত গতি— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে C বিন্দুর কার্যকর বল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. A, B, C বিন্দুতে শক্তির নিত্যতা সূত্র পালিত হবে কি? বিশ্লেষণ করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

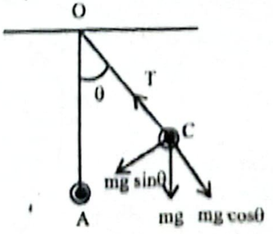
ক স্পন্দন শুরুর মুহূর্তে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি সম্পন্ন কোনো কণার যে দশা থাকে তাই ইপক।

খ বৈদ্যুতিক পাখা ঘূর্ণনের সময় এর গতিপথে একই দিক বরাবর নির্দিষ্ট সময় পরপর কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে অতিক্রম করে চলে।
আমরা জানি, কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। সুতরাং বৈদ্যুতিক পাখার গতি একটি পর্যাবৃত্ত গতি।

গ চিত্র থেকে দেখা যায়,

C বিন্দুতে, $T = mg\cos\theta$

অর্থাৎ, mg এর $m\cos\theta$ উপাংশ সুতার টান দ্বারা নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়। তাই C বিন্দুর কার্যকরী বল,

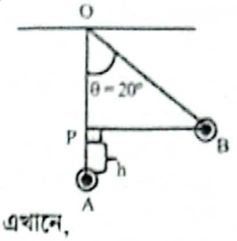


$F = mg\sin\theta$
$= 0.05 \times 9.8 \times \sin 10°$
$= 0.085\ N$ (Ans)

এখানে,
ববের ভর, $m = 0.05\ kg$
C বিন্দুর কৌণিক সরণ, $\theta = 10°$
$g = 9.8\ ms^{-2}$

ঘ B বিন্দুতে বা বিস্তার অবস্থানে ববের সম্পূর্ণ শক্তি বিভবশক্তি। B বিন্দুর উচ্চতা $AP = h$ হলে,

$OP = OA - h$



এখন, Δ OBP —এ

$\cos\theta = \frac{OP}{OB}$

বা, $OP = OB\cos\theta = l\cos 20°$
$\therefore OP = l\cos 20° = 0.9397\ m$
$\therefore AP = h = OA - OP$
$= (1 - 0.9397)\ m$
$= 0.0603\ m$

এখানে,
দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য,
$l = OA = OB = 1m$
ববের ভর, $m = 0.05kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
B বিন্দুতে কোণ, $\theta = 20°$

$\therefore$ B বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_p = mgh = 0.05 \times 9.8 \times 0.0603$
$= 0.0296\ J$

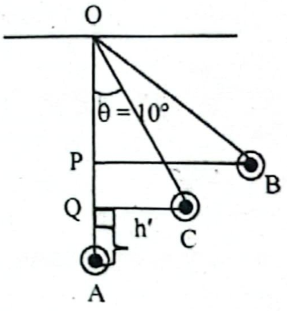
B বিন্দুতে বেগ $v = 0$, তাই গতিশক্তি, $E_k = 0$
$\therefore$ B বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_B = E_P + E_K = (0.0296 + 0)\ J = 0.0296\ J$
A বিন্দুতে বেগ v_A হলে,
${v_A}^2 = u^2 + 2gh$ বা, ${v_A}^2 = 0^2 + 2g \times 0.0603 = 2g \times 0.0603$
$\therefore$ A বিন্দুতে গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}m{v_A}^2 = \frac{1}{2}m \times (2g \times 0.0603)$
$= 0.05 \times 9.8 \times 0.0603$
$= 0.0296\ J$

A বিন্দুতে সাম্যাবস্থায়, বিভবশক্তি, $E_p = 0$
$\therefore$ A বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_A = E_P + E_K = (0 + 0.0296)\ J = 0.0296\ J$

ΔOCQ -এ $\cos\theta = \frac{OQ}{OC}$

বা, $\cos 10° = \frac{OQ}{1}$

$\therefore OQ = \cos 10° = 0.9848m$
$\therefore$ C বিন্দুর উচ্চতা, $h' = AQ = OA - OQ = (1 - 0.9848)\ m = 0.0152\ m$
C বিন্দুতে বিভবশক্তি, $Ep = mgh'$
$= 0.05 \times 9.8 \times 0.0152 = 0.007448$



ববটি B থেকে C তে নামায় উল্লম্ব সরণ
$s = PQ = AP - AQ$
$= 0.0603 - 0.0152$
$= 0.0451\ m$

এখানে, $OA = OB = OC = l = 1\ m$
C বিন্দুতে কোণ, $\theta = 10°$

C বিন্দুতে বেগ v_C হলে,
${v_C}^2 = u^2 + 2gs$ বা, ${v_C}^2 = 0^2 + 2gs$ বা, ${v_C}^2 = 2gs$
$\therefore$ C বিন্দুতে গতি শক্তি, $E_K = \frac{1}{2}m{v_C}^2 = \frac{1}{2} \times m \times 2gs = mgs$
$= 0.05 \times 9.8 \times 0.0451 = 0.0221\ J$
$\therefore$ C বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_C = E_P + E_K = (0.007448 + 0.0221)\ J$
$= 0.0296\ J$

দেখা যাচ্ছে, $E_A = E_B = E_C = 0.0296\ J$
সুতরাং বলা যায়, A, B, C বিন্দুতে শক্তির নিত্যতা সূত্র পালিত হয়।

প্রশ্ন ▶১৮ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৪

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 10 m এবং ব্যাস 1.5 m। একটি পাম্প 25 মিনিটে কুয়াটিকে পানি শূন্য করতে পারে। কিন্তু এক তৃতীয়াংশ পানি উত্তোলন করার পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে যায়। পরে 70% দক্ষতার আরও একটি পাম্প যুক্ত করে 30 মিনিটে বাকী পানি উত্তোলন করা হয়।

ক. পরিবর্তনশীল বল কাকে বলে? ১

খ. ক্ষমতার বৈদ্যুতিক ব্যবহারিক এককের সাথে ক্ষমতার যান্ত্রিক ব্যবহারিক এককের সম্পর্ক দেখাও। ২

গ. ১ম পাম্পটি কত সময় ব্যাপী কাজ করে তা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন পাম্পটির ক্ষমতা বেশি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বলের মানের বা দিকের অথবা মান ও দিক উভয়ই পরিবর্তন হয়, তাকে পরিবর্তনশীল বল বলে।

খ ক্ষমতার বৈদ্যুতিক ব্যবহারিক একক হল মেগাওয়াট (MW) এবং যান্ত্রিক ব্যবহারিক একক হল অশ্বক্ষমতা (HP)।

আমরা জানি, $1\ \text{HP} = 746\ \text{W}$

আবার, $1\ \text{MW} = 1 \times 10^6\ \text{W}$

$746\ \text{W} = 1\ \text{HP}$

$$\therefore 1 \times 10^6\ \text{W} = \frac{1 \times 10^6}{746}\ \text{HP}$$

$$= 1340.48\ \text{HP}$$

অর্থাৎ 1 মেগাওয়াট (MW) = 1340.48 অশ্বক্ষমতা (HP)

গ ১ম পাম্পটির ক্ষমতা P হলে,

$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t}$ [যেখানে কুয়াটি পানিশূন্য করতে কৃতকাজ, W = mgh]

বা, $P = \frac{V\rho gh}{t}$

$$= \frac{\pi r^2 l\rho gh}{t}$$

$$= \frac{3.1416 \times (0.75)^2 \times 10 \times 1000 \times 9.8 \times 5}{1500}$$

$$= 577.269\ \text{W}$$

এখানে,
কুয়ার ব্যাসার্ধ,
$r = \frac{1.5}{2} = 0.75$
কুয়ার গভীরতা, $l = 10\ \text{m}$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ \text{kgm}^{-3}$
$g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
পানি শূন্য করার ক্ষেত্রে গড় উচ্চতা, $h = \frac{0 + 10}{2}$
$= 5\ \text{m}$
পানি শূন্য করার সময়, t
$= 25\ \text{min} = (25 \times 60)\ \text{s}$
$= 1500\ \text{s}$

এক তৃতীয়াংশ পানিশূন্য করতে গড় উচ্চতা,

$$h = \frac{0 + \frac{10}{3}}{2} = \frac{5}{3}\ \text{m}$$

এক তৃতীয়াংশ পানি উত্তোলন করতে পাম্পটির t s সময় লাগলে,

$P = \frac{mgh}{t}$

বা, $t = \frac{mgh}{P} = \frac{5890.5 \times 9.8 \times \frac{5}{3}}{577.269}$

$= 166.67$ seconds

$= 2.77$ min

এখানে,
এক তৃতীয়াংশ পানির ভর,
$m = \frac{V\rho}{3} = \frac{\pi r^2 l \times \rho}{3}$
$= \frac{3.1416 \times (0.75)^2 \times 10 \times 1000}{3}$
$= 5890.5\ \text{kg}$
ক্ষমতা, $P = 577.269\ \text{W}$

∴ ১ম পাম্পটির 2.77 min ব্যাপী কাজ করে। **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, ১ম পাম্পের লভ্য কার্যকর ক্ষমতা, $P_1 = 577.269$ W। ১ম পাম্প দ্বারা কুয়ার এক তৃতীয়াংশ পানি উত্তোলন করার পর কুয়ার অবশিষ্ট দুই-তৃতীয়াংশ পানির ভর,

$m = \frac{2}{3} V\rho = \frac{2}{3} \pi r^2 l\rho$

$= \frac{2}{3} \times 3.1416 \times (0.75)^2 \times 10 \times 1000$

$= 11781\ \text{kg}$

এখানে,
ব্যাসার্ধ $r = \frac{1.5}{2} = 0.75$
গভীরতা, $l = 10$
ঘনত্ব $\rho = 1000\ \text{kgm}^{-3}$

২য় পাম্পের লভ্য কার্যকর ক্ষমতা

$P_2 = \frac{mgh}{t}$

$= \frac{11781 \times 9.8 \times 6.67}{1800}$

$= 427.82\ \text{W}$

এখানে,
ভর, $m = 11781\ \text{kg}$
অবশিষ্ট দুই তৃতীয়াংশ পানি তোলার ক্ষেত্রে গড় উচ্চতা,
$h = \frac{\frac{10}{3} + 10}{2} = 6.67\ \text{m}$
সময়, $t = 30\ \text{min} = (30 \times 60)\ \text{s}$
$= 1800\ \text{s}$
দ্বিতীয় পাম্পের কর্মদক্ষতা,
$\eta = 70\% = 0.7$

আমরা জানি,

কর্মদক্ষতা, $\eta = \frac{\text{লভ্য কার্যকর ক্ষমতা, } P_2}{\text{মোট ক্ষমতা, } P_2'}$

বা, $P'_2 = \frac{P_2}{\eta}$

$= \frac{427.82}{0.7} = 611.17\text{W}$

দেখা যাচ্ছে, $P_1 < P'_2$

অর্থাৎ, ২য় পাম্পের ক্ষমতা বেশি।

প্রশ্ন ▶১৯ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৩, যশোর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং

পানিপূর্ণ একটি কুয়ার গভীরতা 10 m ব্যাস 2 m। কুয়াটিকে পানিশূ করার জন্য 2 HP ক্ষমতার একটি পাম্প চালু করা হলো। অর্ধেক প শূন্য হওয়ার পর পাম্পটি নষ্ট হলে 3 HP ক্ষমতার অপর একটি পা চালু করে কুয়াটিকে পানিশূন্য করা হলো।

ক. অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১

খ. সমতলে হাঁটা অপেক্ষা সিঁড়ি দিয়ে হেঁটে উপরে উঠা কষ্টকর— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ১ম পাম্পটি মিনিটে কী পরিমাণ পানি উত্তোলন করবে? বের করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের উভয় পাম্পের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় সময় একই ছিল কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

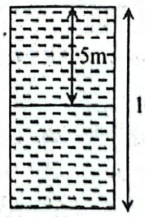
১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বলকে অসংরক্ষণশীল বলা হবে যদি একটি বস্তু পূর্ণ চ সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

খ আমরা জানি, বল F সরণ s এবং এদের মধ্যবর্তী কোণ θ হলে, কৃতকাজ W = Fs cosθ। সমতলে হাঁটার ক্ষেত্রে অভিকর্ষ বল খা নিচের দিকে কাজ করে ফলে অভিকর্ষ বল ও সরণের মধ্যবর্তী কো 90°, তাই কৃতকাজ W = Fs cos 90° = 0। কিন্তু সিঁড়ি দিয়ে ওপ ওঠার ক্ষেত্রে W = Fs cosθ ≠ 0 সুতরাং, সিঁড়ি দিয়ে উপরে উঠার ক্ষে অভিকর্ষ বলের বিপরীতে অতিরিক্ত কাজ করতে হয় বলে সিঁড়ি দি হেঁটে উপরে উঠা কষ্টকর যা সমতলে হাঁটার ক্ষেত্রে হয় না।

গ ১ম পাম্প দ্বারা কুয়াটি অর্ধেক পানি শূন্য করতে প্রয়োজনীয় সময় হলে,

আমরা জানি,



$P = \frac{W}{t}$

বা, $P = \frac{mgh}{t}$

বা, $m = \frac{Pt}{gh}$

$= \frac{2 \times 746 \times 60}{9.8 \times 2.5}$

$= 3653.88\ \text{kg}$ **(Ans.)**

এখানে,
কুয়ার গভীরতা, $l = 10\text{m}$
ব্যাসার্ধ, $r = \frac{2}{2} = 1\text{m}$
অর্ধেক পানির ভর, $m = \frac{V\rho}{2}$
$= \frac{\pi r^2 l\rho}{2}$
$= \frac{\pi \times 1^2 \times 10 \times 1000}{2}$
$= 15707.96\ \text{kg}$
অর্ধেক পানি শূন্য করার ক্ষেত্রে গ সরণ, $h = \frac{0 + 5}{2} = 2.5\ \text{m}$
সময়, $t = 1\ \text{min} = 60\ \text{s}$
পাম্পের ক্ষমতা, $P = 2\ \text{HP}$
$= (2 \times 746)\ \text{W}$

ঘ ১ম ক্ষেত্রে গড় সরণ, $h_1 = \frac{0 + \frac{l}{2}}{2}$
$= \frac{0+5}{2}$
$= 2.5$ m

২য় ক্ষেত্রে গড় সরণ, $h_2 = \frac{\frac{l}{2} + l}{2}$
$= \frac{5+10}{2}$
$= 7.5$ m

এখানে,
কুয়ার গভীরতা, $l = 10$m
১ম পাম্পের ক্ষমতা, $P_1 = 2$HP
$= 2 \times 746$
$= 1492$ W
২য় পাম্পের ক্ষমতা, $P_2 = 3$HP
$= 3 \times 746$
$= 2238$ W
উভয় ক্ষেত্রে পানির ভর,
m = 15707.96 kg ('গ' হতে)

১ম ও ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে যথাক্রমে t_1 ও t_2 সময় লাগলে,

১ম ক্ষেত্রে $P = \frac{W_1}{t_1}$

$\therefore t_1 = \frac{W_1}{P} = \frac{mgh_1}{P} = \frac{15707.96 \times 9.8 \times 2.5}{1492} = 257.94$ s

২য় ক্ষেত্রে, $P_2 = \frac{W_2}{t_2}$

$\therefore t_2 = \frac{W_2}{P} = \frac{mgh_2}{P} = \frac{15707.96 \times 9.8 \times 7.5}{2238} = 515.88$ s

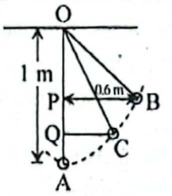
গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, $t_1 < t_2$

অতএব, ১ম ও ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে প্রয়োজনীয় সময় একই ছিল না; ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে সময় বেশি লাগবে।

প্রশ্ন ▶ ২০

ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৪

BP = 0.6 m
CQ = 0.3 m



রাফিদ উপরের চিত্র অনুযায়ী একটি 0.2 kg ভরের বস্তু দুলাচ্ছে।

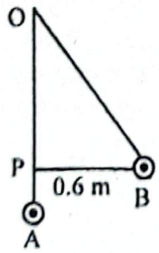
ক. কর্মদক্ষতা কী? ১
খ. খেলনা গাড়িতে স্প্রিং যুক্ত করার কারণ কী? ২
গ. A বিন্দুতে বস্তুটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বস্তুটি শক্তির সংরক্ষণ সূত্রকে সমর্থন করে কি-না— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক লভ্য কার্যকর শক্তি এবং মোট প্রদত্ত শক্তির অনুপাতকে কর্মদক্ষতা বলে।

খ স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে যখন পেছন দিকে টানা হয় তখন স্প্রিং এর বিপরীতে বল প্রয়োগ করে কাজ করা হয়। এই কাজ স্থিতিশক্তিরূপে স্প্রিং এ সঞ্চিত থাকে। গাড়িটিকে যখন ছেড়ে দেওয়া হয়, তখন এই স্থিতিশক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে গাড়িটিকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যায়। এই কারণে খেলনা গাড়িতে স্প্রিং যুক্ত করা হয়।

গ



এখানে;
OA = 1 m
PB = 0.6 m
OB = 1 m
B বিন্দুতে ববটির বেগ $v_B = 0$ ms^{-1}
A বিন্দুতে ববটির বেগ, $v_A = ?$

পিথাগোরাসের সূত্রানুসারে,
$OB^2 = OP^2 + PB^2$
বা, $OP^2 = OB^2 - PB^2 = 1^2 - (0.6)^2$
$\therefore OP = \sqrt{(1)^2 - (0.6)^2} = 0.8$ m
$\therefore AP = h = OA - OP = 1 - 0.8 = 0.2$ m
এখন, $v_A^2 = v_B^2 + 2gh$
$= (0)^2 + 2 \times 9.8 \times 0.2 = 3.92$
$\therefore v_A = 1.98$ m·s^{-1} **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের চিত্র থেকে নেয়া তথ্য হতে,
A বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_{pA} = mgh = mg \times 0 = 0$ J
গতিশক্তি, $E_{kA} = \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times (1.98)^2 = 0.39$ J
['গ' অংশ হতে $v_A = 1.98$ m·s^{-1}]
A বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_A = E_{pA} + E_{kA} = 0.39$ J
B বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_{pB} = mgh = 0.2 \times 9.8 \times 0.2 = 0.39$ J
['গ' হতে h = 0.2 m]
গতিশক্তি, $E_{kB} = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}m(0)^2 = 0$ J
B বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_B = E_{pB} + E_{kB} = 0 + 0.39 = 0.39$J
C বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_{pC} = mgh = mg \times QA$
গতিশক্তি, $E_{kC} = \frac{1}{2}mv_c^2 = \frac{1}{2}m \times 2g\,(PA - QA)$
$= mg(PA - QA)$
C বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_C = E_{pC} + E_{kC}$
$= mg \times QA + mg \times PA - mg \times QA$
$= mg \times PA$
$= 0.2 \times 9.8 \times 0.2 = 0.39$ J

অতএব, দেখা যাচ্ছে যে, A, B, C বিন্দুতে মোট শক্তির পরিমাণ একই থাকে। অর্থাৎ, বস্তুটি শক্তির সংরক্ষণ সূত্রকে সমর্থন করে।

প্রশ্ন ▶ ২১

রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৪

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 12 m এবং ব্যাসার্ধ 1.2 m। একটি পাম্প 20 মিনিটে কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে পারে। পাম্পটির ক্ষমতা 52% নষ্ট হলেও পাম্পচালক কুয়াটির সম্পূর্ণ পানি একই পাম্প দ্বারা দ্বিগুণ সময়ে খালি করা সম্ভব বলে মন্তব্য করেন।

ক. অসংরক্ষণশীল বল কী? ১
খ. একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2.5 Nm^{-1} বলতে কী বুঝায়? ২
গ. কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে পাম্পচালকের মন্তব্যের যথার্থতা বিশ্লেষণ করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বলকে অসংরক্ষণশীল বলা হবে যদি একটি বস্তু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য না হয়।

খ একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2.5 Nm^{-1} বলতে বুঝায় যে, সাম্যাবস্থান থেকে স্প্রিংটির মুক্ত প্রান্তের 1m সরণ ঘটানো হলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে 2.5 N প্রত্যয়নী বল উদ্ভূত হয়। অর্থাৎ ঐ অবস্থা বজায় রাখতে হলে বাইরে থেকে 2.5 N বল স্প্রিং এর সরণের দিকে বা সাম্যাস্থানের বিপরীতে প্রয়োগ করতে হবে।

গ পানির ভর, $m = \rho V$
$= 1000 \times 54.29$
$= 54290$ kg

কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে কৃতকাজের পরিমাণ
$W_1 = mgh_1$
$= 54290 \times 9.8 \times 6$
$= 3192252$ J **(Ans.)**

এখানে,
কুয়ার গভীরতা, h = 12 m
কুয়ার ব্যাসার্ধ, r = 1.2 m
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}
কুয়ার পানির আয়তন,
$V = \pi r^2 h$
$= \pi \times (1.2)^2 \times 12 = 54.29$ m^3
পানির গড় সরণ, $h_1 = \frac{0 + 12}{2}$ m $= 6$ m
$g = 9.8$ ms^{-2}
কৃতকাজ, $W_1 = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে পাম্পের কৃতকাজ
$W_{out} = 3192252$ J

পাম্পের লভ্য কার্যকর ক্ষমতা P_{out} হলে,
$P_{out} = \frac{W_{out}}{t}$
$= \frac{3192252}{20 \times 60} = 2660.21$ W

এখানে,
সময়, t = 20 min
$= (20 \times 60)$s

পাম্পটির ক্ষমতা 52% নষ্ট হলে,
নতুন লভ্য কার্যকর ক্ষমতা $P'_{out} = (100 - 52)\%\, P_{out}$
$= 0.48 \times 2660.21 = 1276.90$ W

এখন, পানিশূন্য করতে প্রয়োজনীয় সময় t' হলে, $P'_{out} = \frac{W_{out}}{t'}$

বা, $t' = \frac{W_{out}}{P'_{out}} = \frac{3192252}{1276.90} = 2500\ s = 41.667\ min$

দেখা যাচ্ছে, $\frac{t'}{t} = \frac{41.667}{20} = 2.083$

অর্থাৎ, পাম্পটির ক্ষমতা 52% নষ্ট হলে কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে দ্বিগুণ থেকে সামান্য একটু বেশি সময় লাগে।
অতএব, পাম্প চালকের মন্তব্যটি যথার্থ নয়।

প্রশ্ন ▸ ২২ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ❚ প্রশ্ন নং ৫

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 14 m এবং ব্যাস 2.4 m। একটি পাম্প 22 মিনিটে কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে পারে। কিন্তু এক-তৃতীয়াংশ পানি উত্তোলন করার পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে যায়। পরে 70% দক্ষতার আর একটি পাম্প যুক্ত করে 30 মিনিটে বাকি পানি উত্তোলন করা হয়।

ক. অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১
খ. স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে স্প্রিং বল একটি সংরক্ষণশীল বল– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ১ম পাম্পটি কত সময়ব্যাপী কাজ করে তা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কোন পাম্পটির ক্ষমতা বেশি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বলকে অসংরক্ষণশীল বলা হবে যদি একটি বস্তু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য না হয়।

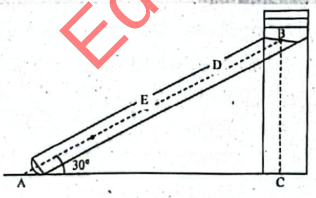
খ যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে। স্প্রিং বল একটি সংরক্ষণশীল বল, কারণ–

i. এই বল শুধু স্প্রিং-এর অবস্থানের ওপর নির্ভর করে।
ii. স্প্রিংবল দ্বারা কৃতকাজ সম্পূর্ণভাবে পুনরুদ্ধার করা যায়।
iii. স্প্রিংকে এক অবস্থান হতে অপর এক অবস্থানে স্থানান্তরে কৃতকাজ পথের ওপর নির্ভর করে না, কেবল আদি ও চূড়ান্ত অবস্থানের ওপর নির্ভর করে।

গ ১৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.44 min।

ঘ ১৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: ১ম পাম্পের ক্ষমতা বেশি।

প্রশ্ন ▸ ২৩ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ❚ প্রশ্ন নং ৩

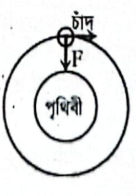


শিশুপার্কে স্থাপিত একটি স্লিপারের উচ্চতা BC = 2 m এবং হেলানো তলটি 30° কোণে ঢালু। 25 kg ভরের একজন শিশু স্লিপারের শীর্ষ বিন্দু (B) থেকে ঘর্ষণহীনভাবে স্লিপিং করে ভূমিতে A বিন্দুতে পৌঁছে।

ক. অশ্ব ক্ষমতা কাকে বলে? ১
খ. পৃথিবীর চারদিকে চাঁদ একবার ঘুরে আসলে কৃতকাজ কীরূপ হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. আনত স্লিপারের দৈর্ঘ্য হিসাব করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে স্লিপারের দৈর্ঘ্যের এক-চতুর্থাংশ দূরত্ব (D) ও অর্ধেক দূরত্ব (E) অতিক্রমকালে যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ সমান হবে কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 1 সেকেন্ডে 746 জুল কাজ করার সামর্থ্যকে 1 অশ্ব ক্ষমতা বলে।



খ চাঁদ পৃথিবীর চারদিকে বৃত্তাকার কক্ষপথে আবর্তন করে। এসময় চাঁদের উপর কেন্দ্রমুখী বল কাজ করে। এই কেন্দ্রমুখী বল সর্বদা কেন্দ্র অভিমুখে কাজ করে। আর চাঁদের বৃত্তাকার কক্ষপথে ঘোরার সময় যেকোনো বিন্দুতে সরণের দিক ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক বরাবর। অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90°। কাজ, W = F সমীকরণ থেকে দেখা যায়, F ও s শূন্য না হলেও যদি θ = 90° (অর্থাৎ বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ যদি 90° হয়) তখন, W Fscos90° = 0 হয়। অর্থাৎ কৃতকাজ শূন্য। এজন্য চাঁদ পৃথি চারিদিকে ঘুরছে কিন্তু কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কাজ হচ্ছে না।

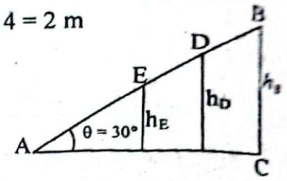
গ দেওয়া আছে,
ভূমি হতে হেলানো তলের উচ্চতা, BC = h = 2 m
হেলানো তলটি 30° কোণে ঢালু আনত স্লিপারের দৈর্ঘ্য, AB = ?

$\therefore \sin 30° = \frac{h}{AB}$ বা, $AB = \frac{h}{\sin 30°} = \frac{2}{\frac{1}{2}} = 4\ m$ **(Ans.)**

ঘ BC = h = 2 m এবং। AB = 4 m (‘গ’ হতে)
ধরি, এক চতুর্থাংশ দূরত্ব, $BD = \frac{1}{4} AB = \frac{1}{4} \times 4 = 1\ m$

এবং অর্ধেক দূরত্ব, $BE = \frac{1}{2} AB = \frac{1}{2} \times 4 = 2\ m$

$AD = AB - BD = 4 - 1 = 3\ m$



আমরা পাই;

$\sin\theta = \frac{h_B}{AB} = \frac{h_E}{AE} = \frac{h_D}{AD}$

$h_E = \frac{h_B}{AB} \times AE = \frac{2}{4} \times 2 = 1\ m$ $[\because AE = AB - BE = 4 - 2 = 2\ m]$

$h_D = \frac{h_B}{AB} \times AD = \frac{2}{4} \times 3 = 1.5\ m$ [AD = 3 m]

সুতরাং, E ও D বিন্দুর বিভব শক্তি যথাক্রমে $U_E = (25 \times 9.8 \times 1) = 245\ J$ ও $U_D = (25 \times 9.8 \times 1.5) = 367.5\ J$।
হেলানো তলে শিশুর ত্বরণ BA বরাবর অভিকর্ষজ ত্বরণের উপাংশ,
$a = g\sin 30° = 9.8 \times 0.5 = 4.9\ ms^{-2}$
B থেকে হেলানো তলে গতিশীল শিশুর বেগ E ও D বিন্দুতে যথাক্রমে v_E ও v_D হলে আমরা পাই,
${v_E}^2 = 2a \times BE = 2. \times 4.9 \times 2 = 19.6\ m^2s^2$ এবং
${v_D}^2 = 2a \times BD = 2 \times 4.9 \times 1 = 9.8\ m^2s^{-2}$
E বিন্দুতে গতিশক্তি,

$K_E = \frac{1}{2} m{v_E}^2 = \frac{1}{2} \times 25 \times 19.6 = 245\ J$

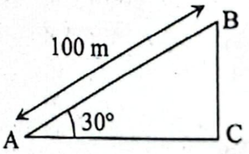
D বিন্দুতে গতিশক্তি,

$K_D = \frac{1}{2} m{v_D}^2 = \frac{1}{2} \times 25 \times 9.8 = 122.5\ J$

E বিন্দুতে মোট শক্তি,
$E_E = U_E + K_E = 245 + 245 = 490\ J$
D বিন্দুতে মোট শক্তি,
$E_D = U_D + K_D = 367.5 + 122.5 = 490\ J$
সুতরাং, E বিন্দুতে মোট শক্তি = D বিন্দুতে মোট শক্তি
সুতরাং, উদ্দীপক অনুসারে স্লিপারের দৈর্ঘ্যের এক চতুর্থাংশ ও অর্ধেক দূরত্ব অতিক্রমকালে যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ সমান হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৪ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ❚ প্রশ্ন

1800 kg ভরের একটি গাড়ি 60 kg ভরের একজন ড্রাইভারসহ পা চিত্রের আনত তল বরাবর ইঞ্জিনের সর্বোচ্চ ক্ষমতা ব্যবহার করে A বি হতে B বিন্দুতে পৌঁছাতে গাড়িটি 30 sec সময় নেয়। [g = 9.8 ms



ক. কর্মদক্ষতা কী?
খ. “বল ও সরণ শূন্য না হলেও কাজ শূন্য হতে পারে”— ব্যা করো।
গ. গাড়িটির ইঞ্জিনের অশ্বক্ষমতা নির্ণয় করো।
ঘ. উদ্দীপকের গাড়িটি অনুভূমিক রাস্তায় 10 s-এর মধ্যে স্থিরা থেকে 60 kmh^{-1} বেগ অর্জন করতে পারবে কিনা তার গাণি ব্যাখ্যা দাও।

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক লভ্য কার্যকর শক্তি এবং মোট প্রদত্ত শক্তির অনুপাতকে যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

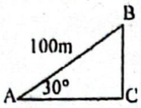
খ আমরা জানি, কাজ, $W = \vec{F} . \vec{s} = Fs\cos\theta$
$F \neq 0, s \neq 0$ হওয়া সত্ত্বেও $W = 0$ হতে পারে, যদি $\cos\theta = 0$ বা, $\theta = 90°$ হয়। সুতরাং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° হলে, বল প্রয়োগ করার ফলে সরণ ঘটলেও কাজের মান শূন্য হতে পারে।

গ গাড়ির কৃতকাজ

$W = mgh$
$= 1860 \times 9.8 \times 50$
$= 911400$ J

এখন,

$P = \frac{W}{t}$
$= \frac{911400}{30}$
$= 30380$ W



এখানে, তলের দৈর্ঘ্য $AB = 100$ m
উচ্চতা, $h = BC = AB \sin30°$
$= 100 \sin30°$
$= 100 \times \frac{1}{2} = 50$ m
মোট ভর, $m = (60 + 1800)$ kg
$= 1860$ kg
সময়, $t = 30$ s
ক্ষমতা, $P = ?$

$\therefore$ অশ্ব ক্ষমতা $= \frac{30380}{746} = 40.72$ HP **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, গাড়ির ইঞ্জিনের ক্ষমতা, $P = 30380$ W
গাড়িটি ইঞ্জিনের সর্বোচ্চ ক্ষমতা ব্যবহার করে 10s এ সর্বোচ্চ বেগ v অর্জন করলে,

গতিশক্তি, $E_K = \frac{1}{2} m (v^2 - u^2) = \frac{1}{2} mv^2$

$\therefore$ কৃতকাজ, $W = E_K = \frac{1}{2} mv^2$

এখন, $P = \frac{W}{t}$

বা, $P = \frac{\frac{1}{2} mv^2}{t}$

বা, $Pt = \frac{1}{2} mv^2$

বা, $v = \sqrt{\frac{2Pt}{m}}$

বা, $v = \sqrt{\frac{2 \times 30380 \times 10}{1860}}$

$\therefore v = 18.074 \text{ ms}^{-1} = 65.066 \text{ kmhr}^{-1}$

এখানে,
ক্ষমতা, $P = 30380$ W
ভর, $m = (1800 + 60)$kg
$= 1860$ kg
সময়, $t = 10$s
আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
বেগ, $v = ?$

যেহেতু, $v > 60 \text{ kmhr}^{-1}$
সুতরাং, বলা যায়, গাড়িটি অনুভূমিক রাস্তায় 10 s এর মধ্যে স্থিরাবস্থা থেকে 60 kmhr^{-1} বেগ অর্জন করতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ২৫ সিলেট বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৪

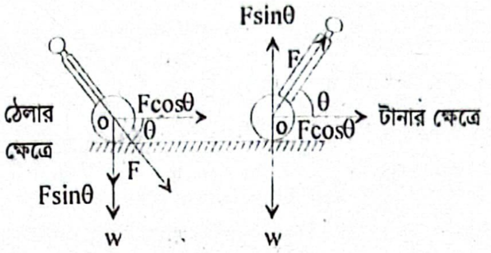
প্রতিটি 0.125 m^3 আয়তনের এবং 250 kg ভরের 4টি ব্লককে পরপর সাজিয়ে স্তম্ভ তৈরি করা হলো।

ক. ভূ-স্থির কৃত্রিম উপগ্রহ কাকে বলে? ১
খ. লন রোলার ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে বর্ণিত স্তম্ভের উপর হতে কোনো একটি বস্তুকে ফেলে দিলে ভূমি হতে কত উচ্চতায় এর গতিশক্তি বিভব শক্তির দ্বিগুণ হবে? ৩
ঘ. স্তম্ভটিকে আনুভূমিকের সাথে 30° কোণে আনত রাখতে কাজ ও উদ্দীপকে বর্ণিত স্তম্ভ তৈরিতে কাজের তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

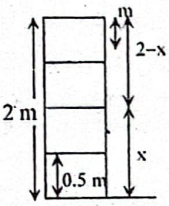
ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের দিকের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘন্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু পৃথিবীতে অবস্থানরত একজন পর্যবেক্ষর কাছে স্থির বলে মনে হবে, এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূস্থির উপগ্রহ বলে।

খ



ধরি, লন রোলারের ওজন W ও হাতলের উপর প্রযুক্ত বল F অনুভূমিকের সাথে θ কোণ তৈরি করে। ঠেলার ক্ষেত্রে বল F এর লম্ব উপাংশদ্বয়ের মধ্যে Fcosθ এর দিক সামনের দিকে ও Fsinθ এর দিক নিচের দিকে এর ওজনের দিক বরাবর কাজ করে। তাই রোলারের মোট ওজন হয় W + Fsinθ। ফলে ওজন বেশি অনুভূত হয় বলে রোলারের উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ বলের মানও বেড়ে যায়। তাই লন রোলার ঠেলা কষ্টকর হয়। কিন্তু টানার ক্ষেত্রে Fsinθ উপাংশ উপরের দিকে ক্রিয়া করে, তাই রোলারের কার্যকর ওজন হয় W-Fsinθ। এজন্য টানার সময় রোলারের ওজন কম অনুভূত হয় ও ঘর্ষণ বলও হ্রাস পায়। তাই বলা যায়, লন রোলার ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ।

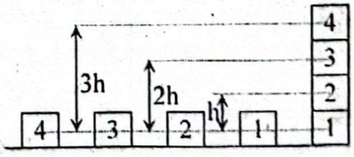
গ উদ্দীপকের ব্লকগুলি ঘনকাকৃতির হলে এর আয়তন, $V = a^3$
[যেখানে, a হলো ঘনকের বাহুর দৈর্ঘ্য]
বা, $a^3 = 0.125$
বা, $a = \sqrt[3]{0.125} = 0.5$ m
$\therefore$ 4টি ব্লকের উচ্চতা $h = 4a = 4 \times 0.5 \text{ m} = 2$ m



ধরি, উদ্দীপকে বর্ণিত স্তম্ভের উপর থেকে বা 2 m উপর থেকে m kg ভরের বস্তুকে ফেলে দিলে ভূমি থেকে x m উচ্চতায় গতিশক্তি বিভবশক্তির দ্বিগুণ হবে।
এখন, x m উচ্চতায় বিভবশক্তি $E_p = mgx$
স্তম্ভের উপর থেকে ফেলে দেওয়ার সময় আদিবেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$
x m উচ্চতায় বেগ v হলে,
$v^2 = u^2 + 2gh$
$= 0^2 + 2g(2 - x)$ [$\because$ বস্তুর সরণ, $h = 2 - x$]
$= 2g(2 - x)$
$\therefore$ x m উচ্চতায় গতিশক্তি $E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad = \frac{1}{2} m.2g(2 - x) = mg(2 - x)$

প্রশ্নমতে, $E_k = 2E_P$
বা, $mg(2 - x) = 2. mgx$
বা, $2 - x = 2x$
বা, $3x = 2$
$\therefore x = \frac{2}{3} = 0.67$ m **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, প্রতিটি ব্লকের বাহুর দৈর্ঘ্য = উচ্চতা, $h = 0.5$ m



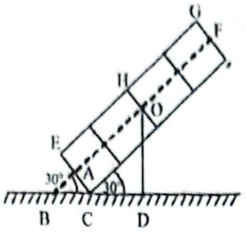
১ম ব্লকের জন্য ভারকেন্দ্রের সরণ $h_1 = 0$
$\therefore$ ১ম ব্লকের জন্য কৃতকাজ, $W_1 = 0$J
২য় ব্লকের জন্য ভারকেন্দ্রের সরণ $h_2 = h$ m
তাই, ২য় ব্লকের জন্য কৃতকাজ, $W_2 = mgh_2 = mgh$
৩য় ব্লকের জন্য ভারকেন্দ্রের সরণ $h_3 = 2h$ m
তাই, ৩য় ব্লকের জন্য কৃতকাজ, $W_3 = mgh_3 = mg(2h)$
৪র্থ ব্লকের জন্য ভারকেন্দ্রের সরণ, $h_4 = 3h$ m
$\therefore$ ৪র্থ ব্লকের জন্য কৃতকাজ, $W_4 = mgh_4 = mg(3h)$
$\therefore$ উদ্দীপকে বর্ণিত স্তম্ভ তৈরিতে কৃতকাজ,
$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 0 + mgh + mg(2h) + mg(3h)$
$= mgh(1 + 2 + 3)$
$= 6mgh$
$= 6 \times 250 \times 9.8 \times 0.5$
$= 7350$ J

এখানে,
ব্লকের ভর, $m = 250$ kg
উচ্চতা, $h = 0.5$ m

স্তম্ভের মোট ভর, M = 4 টি ব্লকের ভর

$= 4 \times 250$ kg

$= 1000$ kg



30° কোণে আনত ব্লকগুলো দ্বারা তৈরি স্তম্ভের ভারকেন্দ্র O বিন্দুতে অবস্থিত। ব্লকটির দৈর্ঘ্য h = 2 m।

চিত্রানুযায়ী $AO = \frac{h}{2} = \frac{2}{2} = 1$ m

এবং $AC = \frac{EC}{2} = \frac{0.5}{2} = 0.25$ m

[∵ ব্লকটির বাহুর দৈর্ঘ্য EC = 0.5 m]

এখন, $AB = \frac{AC}{\tan 30°} = \frac{0.25}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = 0.433$ m।

আবার, $OD = BO \sin 30° = (AB + AO) \sin 30° = (0.433 + 1) \times \frac{1}{2}$

$= 0.7165$ m

সুতরাং, ভারকেন্দ্রের সরণ, $h_1 = \left(0.7165 - \frac{0.5}{2}\right) = 0.4665$m

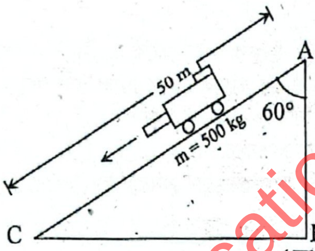
স্তম্ভটিকে অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে আনত রাখতে কৃতকাজ,

$W' = mgh_1 = 1000 \times 9.8 \times 0.4665 = 4571.76$J

দেখা যাচ্ছে, $W > W'$ এবং $\frac{W}{W'} = \frac{7350}{4571.7} = 1.61 \therefore W = 1.61\ W'$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকে বর্ণিত স্তম্ভ তৈরিতে কৃতকাজ স্তম্ভটিকে অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে আনত রাখতে কৃতকাজের 1.61 গুণ।

প্রশ্ন ▶ ২৬ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৭



◀ *অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে*

চিত্রে প্রদর্শিত গাড়িটি A বিন্দু হতে 20 m/sec বেগে AC তলে নামছে। গাড়ির চালক ব্রেক করায় গাড়িটি 50 m দূরত্ব অতিক্রম করে থেমে যায়।

ক. অশ্বক্ষমতা কাকে বলে? ১

খ. বল ও সরণ শূন্য না হলেও কাজ শূন্য হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কী পরিমাণ গতি প্রতিরোধকারী বল গাড়িটির উপর ক্রিয়া করে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি পালিত হবে কি? গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

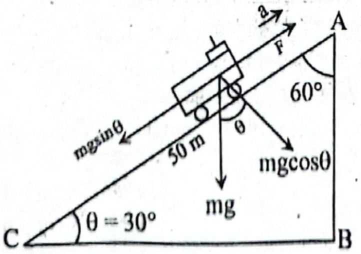
২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অশ্বক্ষমতা হলো ক্ষমতার একটি ব্যবহারিক একক। 1 সেকেন্ডে 746 জুল কাজ করার ক্ষমতাকে 1 অশ্বক্ষমতা বলে।

খ কাজ, $W = \vec{F} . \vec{s} = Fs \cos\theta$

$F \neq 0, s \neq 0$ হওয়া সত্ত্বেও $W = 0$ হতে পারে যদি $\cos\theta = 0$ বা, $\theta = 90°$ হয়। সুতরাং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° হলে, বল প্রয়োগ করার ফলে সরণ ঘটলেও কাজের মান শূন্য হবে।

গ AC আনত তলে গাড়ির মন্দন a হলে,



$v^2 = u^2 - 2as$

বা, $(0)^2 = (20)^2 - 2 \times a \times 50$

বা, $a = \frac{(20)^2}{2 \times 50} = 4\ ms^{-2}$

গতি প্রতিরোধকারী বল F হলে,

$\sum F = ma$

বা, $F - mg\sin\theta = ma$

বা, $F = ma + mg\sin\theta$

$= m\,(a + g\sin\theta)$

$= 500\,(4 + 9.8\sin 30°)$

$= 4450$ N **(Ans.)**

এখানে, আদিবেগ, $u = 20\ ms^{-1}$

দূরত্ব, s = 50 m

শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$

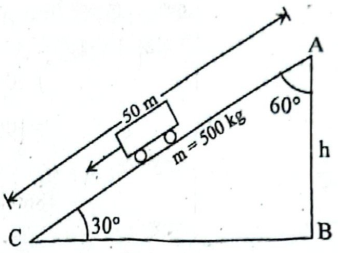
অনুভূমিকের সাথে কোণ

$\theta = 90° - 60° = 30°$

গাড়ির ভর, m = 500 kg

$g = 9.8\ ms^{-2}$

ঘ



চিত্রে, AC = 50 m

$\angle BAC = 60°, \angle ACB = 90° - 60° = 30°$

A বিন্দুর উচ্চতা h হলে,

$\sin 30° = \frac{h}{AC}$

বা, $h = AC \sin 30° = 50 \sin 30° = 25$ m

এখন, A বিন্দুতে গাড়িটির মোটশক্তি

$E_A = E_P + E_K$

$= mgh + \frac{1}{2}mv^2$

$= 500 \times 9.8 \times 25 + \frac{1}{2} \times 500 \times (20)^2$

$= 222500$ J

এখানে, ভর, m = 500 kg

বেগ $v = 20\ ms^{-1}$

উচ্চতা, h = 25 m

সরণ, s = 50 m

C বিন্দুতে গাড়িটির বেগ = 0

গতিশক্তি = 0, বিভবশক্তি = 0

'গ' থেকে পাই, গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল গতি প্রতিরোধকারী বল F = 4450N

∴ গতি প্রতিরোধকারী বলের জন্য শক্তির রূপান্তর

= C বিন্দুতে গাড়িটিকে থামাতে প্রয়োজনীয় শক্তি

= গতি প্রতিরোধকারী বল × সরণ

$= Fs = 4450 \times 50 = 222500$ J

∴ C বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি $E_C = 222500 + 0 + 0$

$= 222500$ J

সুতরাং A বিন্দুতে গাড়ির মোটশক্তি = C বিন্দুতে গাড়ির মোটশক্তি

এজন্য বলা যায়, উদ্দীপকে শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি পালিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৭ ঢাকা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং

4 m ব্যাসবিশিষ্ট একটি পানিপূর্ণ কুয়ায় একটি পাম্প 5 kg পানিকে m উচ্চতায় তুলে 10 ms^{-1} বেগে নিক্ষেপ করে। 5 HP ক্ষমতার একটি পাম্প পানিপূর্ণ কুয়াকে পানিশূন্য করে।

ক. আয়ত একক ভেক্টর কাকে বলে?

খ. গ্যাসের বেগ নির্ণয়ে r.m.s. বেগ নেয়া হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. ১ম পাম্পের শক্তি নির্ণয় করো।

ঘ. কুয়াটি পানিশূন্য করতে কোন পাম্পটির কম সময় লাগবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় পরস্পর লম্ব তিনটি ধনাত্মক বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তাদেরকে একক ভেক্টর বলে।

খ গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রধানত দুই ধরনের বেগ আছে। যথা: (C_{avg}), বর্গমূল গড় বর্গবেগ (C_{rms})।

আমরা জানি, $C_{avg} = \frac{c_1 + c_2 + ... + c_n}{n}$

এবং $C_{rms} = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + ... + c_n^2}{n}}$

ধরি, চারটি অণুর বেগ $c_1 = 3$, $c_2 = 4$, $c_3 = 5$, $c_4 = 6$ একক এদের গড়বেগ, $C_{avg} = \frac{3 + 4 + 5 + 5 + 6}{4} = 4.5$ এবং বর্গমূল পড়বেগ $C_{rms} = \sqrt{\frac{3^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2}{4}} = 4.64$। দেখা যাচ্ছে, C_{avg} ও C_{rms} সমান নয়। সাধারণত r.m.s. গতিবেগ গড় গতিবেগ অপেক্ষা সামান্য বেশি হয়। গতিতত্ত্বের আলোচনায় r.m.s. গতিবেগ বেশি প্রয়োজনীয় ও গুরুত্বপূর্ণ। তাছাড়া গতিতত্ত্বে গড় বেগের ব্যবহার নেই। শুধুমাত্র r.m.s বেগ অণুর বিভিন্ন গতিবেগের প্রতিনিধিত্বকারী গড় হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এজন্য গ্যাসের বেগ নির্ণয়ে r.m.s. বেগ নেয়া হয়।

গ আমরা জানি,

$W = mgh + \frac{1}{2}mv^2$

$= 5 \times 9.8 \times 20 + \frac{1}{2} \times 5 \times (10)^2$

$= 1230$ J **(Ans.)**

এখানে, ১ম পাম্পের ক্ষেত্রে,
ব্যাস, $d = 4m$
$\therefore$ ব্যাসার্ধ $r = \frac{4}{2} = 2$ m
পানির ভর, $m = 5$ kg
পানির উচ্চতা, $h = 20$ m
পানির বেগ, $v = 10$ ms^{-1}
পাম্পের ব্যয়িত শক্তি, $W = ?$

ঘ

আমরা জানি,

$W_2 = mgh$
$= V\rho gh$ $[\therefore m = V\rho]$
$= Al\rho gh$ $[\because V = Al]$
$= \pi r^2 l\rho gh$
$= 3.1416 \times 2^2 \times 20 \times 1000 \times 9.8 \times 10$
$= 24630086.4$ J

এখানে,
২য় পাম্পের ক্ষেত্রে,
পানিপূর্ণ কুয়ার ব্যাস, $d = 4$ m
পানিপূর্ণ কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = \frac{4}{2} = 2$ m
কুয়ার গভীরতা, $l = 20$ m
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}
কুয়া পানিশূন্য করার ক্ষেত্রে গড় উচ্চতা,
$h = \left(\frac{0 + 20}{2}\right)$ m $= 10$ m
কৃতকাজ, $W_2 = ?$
পাম্পের ক্ষমতা, $P_2 = 5$ HP
পানিশূন্য করতে সময়, $t_2 = ?$

এখন, $W_2 = P_2t_2$

$\therefore t_2 = \frac{W_2}{P_2}$

$= \frac{24630086.4}{3730}$ $[\because P_2 = 5H.P. = (5 \times 746)\ W = 3730\ W]$

$= 6603.24 = 110.05$ min

১ম পাম্পের ক্ষমতা, $P_1 = 5$ H.P. ধরে

$P_1 = \frac{W_1}{t_1}$

বা, $t_1 = \frac{W_1}{P_1} = \frac{1230}{3730} = 0.33$ s

এখানে, $P_1 = 5$ H.P. $= 3730$ W
'গ' থেকে, $W_1 = 1230$ J
পানিশূন্য করার সময়, $t_1 = ?$

$\because t_1 < t_2$

সুতরাং, কুয়াটি পানিশূন্য করতে ১ম পাম্পটির কম সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▶ ২৮ রাজশাহী বোর্ড ২০২১ I প্রশ্ন নং ৭

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 12 m এবং ব্যাস 3 m। কুয়াটিকে 22 মিনিটে পানিশূন্য করতে 6 H.P এর একটি পাম্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি শূন্য করার পর পাম্পটি নষ্ট হওয়ায় অন্য একটি পাম্পের সাহায্যে পূর্ব নির্ধারিত সময়ে কুয়াটিকে পানিশূন্য করা হলো।

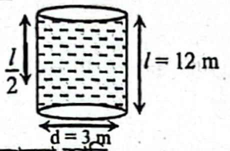
ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১
খ. "গাড়ির চাকার নাট-বল্টু খোলার ক্ষেত্রে লম্বা হাতলযুক্ত যন্ত্র ব্যবহার সুবিধাজনক"— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম পাম্পটি কত সময় পর নষ্ট হয়েছিল? ৩
ঘ. পাম্প দুটির ক্ষমতার তারতম্য গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

খ বাস/ট্রাকের নাট বল্টুকে খোলা হয় ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে এবং এক্ষেত্রে নাট-বল্টুকে ঘোরানোর জন্য প্রয়োজন হয় টর্কের। টর্ক যত বেশি হবে নাট-বল্টু খোলা তত সহজ হবে। যেহেতু টর্ক = বল × ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগ বিন্দুর দূরত্ব, তাই লম্বা হাতল ব্যবহার করলে একই বল প্রয়োগেও বেশি পরিমাণ টর্ক পাওয়া যায় এবং নাট বল্টু খোলা সহজ হয়। তাই গাড়ির চাকার নাট-বল্টু খোলার ক্ষেত্রে লম্বা হাতলযুক্ত যন্ত্র ব্যবহার সুবিধাজনক।

গ



আমরা জানি,

$P = \frac{W}{t}$

কিন্তু কুয়াটির অর্ধেক পানি শূন্য করার ক্ষেত্রে কৃতকাজ, $W = mgh$

$= \frac{\pi r^2 l}{2}\rho \times g \times h$

$= \frac{1}{2} \times 3.1416 \times (1.5)^2 \times 12 \times 1000 \times 9.8 \times 3$

$= 1246898.124$ W

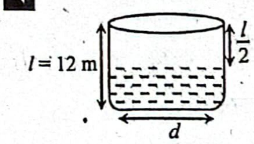
এখানে,
১ম পাম্পের ক্ষমতা,
$P = 6$ H.P. $= 6 \times 746$ W $= 4476$ W
কুয়ার গভীরতা, $l = 12$ m
ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = \frac{3}{2} = 1.5$ m
কুয়াটি অর্ধেক পানিশূন্য করার ক্ষেত্রে গড় সরণ, $h = \frac{0 + \frac{l}{2}}{2} = \frac{l}{4} = \frac{12}{4}$ m $= 3$ m
অর্ধেক পানির ভর, $m = \frac{V\rho}{2} = \frac{\pi r^2 l}{2}\rho$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}
$g = 9.8$ ms^{-2}
সময়, $t = ?$

$\therefore P = \frac{W}{t}$

বা, $t = \frac{W}{P} = \frac{1246898.124}{4476} = 278.57$ s $= 4.64$ min

$\therefore$ ১ম পাম্পটি 4.64 min পর নষ্ট হয়েছিল। **(Ans.)**

ঘ



'গ' থেকে পাই, ১ম পাম্প দ্বারা অর্ধেক পানি শূন্য করার সময় 4.64 min।
কুয়াটি পানিশূন্য করার নির্ধারিত সময় 22 min

১ম পাম্প দ্বারা কুয়াটির অর্ধেক পানি শূন্য করার পর ২য় পাম্প দ্বারা কুয়াটি পানিশূন্য করার জন্য সময় অবশিষ্ট থাকে (22 – 4.64) min বা 17.36 min

কুয়াটির অবশিষ্ট অর্ধেক পানিশূন্য করতে কৃতকাজ W হলে,

$P = \frac{W}{t}$

$= \frac{mgh}{t}$

$= \frac{\frac{\pi r^2}{2}l\rho gh}{t}$

$= \frac{\pi r^2 l\rho gh}{2t}$

$= \frac{3.1416 \times (1.5)^2 \times 12 \times 1000 \times 9.8 \times 9}{2 \times 1041.6}$

$= 3591.3$ W

$= \frac{3591.3}{746}$ H.P

$= 4.8$ H.P

এখানে,
কুয়ার গভীরতা, $l = 12$ m
কুয়ার ব্যাসার্ধ,
$r = \frac{3}{2} = 1.5$ m
অবশিষ্ট অর্ধেক পানি শূন্য করার ক্ষেত্রে গড় সরণ,
$h = \frac{\frac{l}{2} + l}{2} = \frac{3l}{4}$ m
$= \frac{3 \times 12}{4}$ m $= 9$ m
অর্ধেক পানির ভর,
$m = V\rho = \frac{\pi r^2 l}{2}\rho$
ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}
সময়, $t = 17.36$ min
$= 1041.6$ s
২য় পাম্পের ক্ষমতা, $P = ?$

দেখা যাচ্ছে, ২য় পাম্পের ক্ষমতা, $P_2 = 4.8$ H.P।

প্রথমে ব্যবহৃত পাম্পের ক্ষমতা, $P_1 = 6$ H.P

$\therefore P_2 < P_1$

সুতরাং দ্বিতীয় পাম্পের ক্ষমতা প্রথম পাম্পের থেকে $(6 - 4.8) = 1.2$ H.P কম।

প্রশ্ন ▸ ২৯ কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৬

একটি কূপের গভীরতা এবং ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 10 m এবং 3.44 m। একটি ইঞ্জিন 3 মিনিটে কূপটি পানিশূন্য করতে পারে। পরে ইঞ্জিনটিকে 1200 kg ভরের একটি গাড়ির ইঞ্জিন হিসেবে ব্যবহার করা হলো।

ক. ব্যাংকিং কোণ কাকে বলে? ১

খ. উল্লম্ব তলে দ্রুত ঘূর্ণনরত পানি ভর্তি বালতির পানি পড়ে যায় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

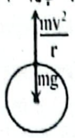
গ. কূপের ক্ষেত্রে ইঞ্জিন দ্বারা সম্পাদিত কাজের হিসাব করো। ৩

ঘ. 2.4 সেকেন্ড সময়ের মধ্যে স্থিরাবস্থা থেকে 20 ms^{-1} বেগ অর্জন ঐ গাড়িটির পক্ষে সম্ভব কি না? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

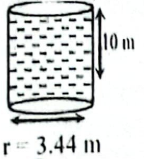
ক বক্রপথে চলার সময় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়ার জন্য যানবাহনকে যে কোণে উলম্বের সাথে কেন্দ্রের দিকে হেলতে হয় তাকে ব্যাংকিং কোণ বলে।

খ উল্লম্ব তলে দ্রুত ঘূর্ণনরত পানি ভর্তি বালতির পানির ওজন কেন্দ্রবিমুখী বল দ্বারা প্রশমিত হয় বলে পানি পড়ে যায় না।



উল্লম্ব তলে যেকোনো বস্তুকে ঘোরানোর জন্য $F_C = \frac{mv^2}{r}$ মানের কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এর প্রতিক্রিয়া স্বরূপ একটি কেন্দ্রবিমুখী বলের উদ্ভব হয় যা কেন্দ্রমুখী বলের বিপরীতে ক্রিয়া করে কিন্তু এর মান $F_C = \frac{mv^2}{r}$ এর সমান। উল্লম্ব তলে পানি ভর্তি বালতিকে দ্রুত ঘোরালে F_C এর মান বেড়ে যায়। ফলে তা ওজন mg এর চেয়ে বেশি থাকে বলে পানি পড়ে যায় না। ন্যূনতম বেগ v′ যার জন্য $\frac{mv'^2}{r}$ ও mg সমান হলে $\frac{mv'^2}{r} = mg$ বা, $v'^2 = rg$ বা, $v' = \sqrt{rg}$। দেখা যাচ্ছে, বেগ $v \geq \sqrt{rg}$ হলে উল্লম্ব তলে পানি ভর্তি বালতির পানি পড়বে না।

গ ২১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 18216411.9 J



$r = 3.44$ m

আমরা জানি,

$w = mgh$

$= \pi r^2 l \rho g h$

$= 3.1416 \times (3.44)^2 \times 10 \times 1000 \times 9.8 \times 5$

$= 18216411.9$ J **(Ans.)**

এখানে,
কূপের গভীরতা, $l = 10$ m
কূপের ব্যাসার্ধ, $r = 3.44$ m
পানির ভর, $m = V\rho = \pi r^2 l \rho$
পানির শূন্য করার ক্ষেত্রে, পানির গড় সরণ, $h = \frac{0 + l}{2} = \frac{0 + 10}{2}$ m $= 5$ m
ঘনত্ব, $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$
$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
ইঞ্জিন দ্বারা কৃতকাজ, W = ?

ঘ

আমরা জানি,

$P = \frac{W}{t}$

$= \frac{18216411.9}{180}$

$= 101202.288$ W

$= 101.2$ kW

এখানে,
'গ' থেকে পাই,
ইঞ্জিন দ্বারা কৃতকাজ,
$W = 18216411.9$ J
সময়, $t = 3 \text{ min} = (3 \times 60) \text{ s} = 180$ s
ইঞ্জিনের ক্ষমতা, P = ?

ইঞ্জিনটিকে গাড়ির ইঞ্জিন হিসেবে ব্যবহার করলে 2.4 s সময়ে ইঞ্জিন দ্বারা কৃতকাজ,

$W' = Pt$

$= 101202.288 \times 2.4 = 242885.49$ J

ইঞ্জিন দ্বারা কৃতকাজ

$W =$ গাড়ির গতিশক্তি E_K

এখন, $E_K = \frac{1}{2}mv^2$

বা, $v^2 = \frac{2E_K}{m}$

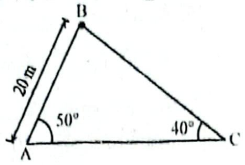
বা, $v = \sqrt{\frac{2E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 242885.49}{1200}} = 20.12 \text{ ms}^{-1}$

এখানে,
গতিশক্তি $E_K = 242885.49$ J
গাড়ির ভর, $m = 1200$ kg
গাড়ির বেগ, v = ?

সুতরাং ইঞ্জিনটিকে গাড়ির ইঞ্জিন হিসেবে ব্যবহার করায় 2.4 s সময়ের মধ্যে ঐ গাড়ির পক্ষে 20 ms^{-1} বেগ অর্জন সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৩০ বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৪

নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ করো যেখানে BA এবং BC দুটি আনত তল। BA তলের ঘর্ষণ বল 1.5 Nkg^{-1} এবং BC তলে ঘর্ষণ বল 1 Nkg^{-1}। 3 kg ভরের একটি ধাতব গোলক B বিন্দুতে রাখা আছে।



ক. প্রত্যয়নী বল কাকে বলে? ১

খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. B বিন্দুতে থাকা গোলকটির বিভবশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গোলকটিকে একবার BA পথে এবং আর একবার BC পথে পড়তে দেয়া হল। A বিন্দু ও C বিন্দুতে গোলকটির গতিশক্তি সমান হবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরল ছন্দিত স্পন্দনরত কোনো বস্তুকণা সাম্যাবস্থান হতে সরে গেলে একে সাম্যাবস্থানে ফিরিয়ে আনার জন্য যে বল ক্রিয়া করে এবং যে বল সাম্যাবস্থান হতে সরণের সমানুপাতিক তবে সরণের বিপরীতমুখী, তাকে প্রত্যয়নী বল বলে।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না, সেই বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বলের দ্বারা কৃত কাজ ঋণাত্মক, ফলে একটি পূর্ণ চক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনো শূন্য হতে পারে না। তাই ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

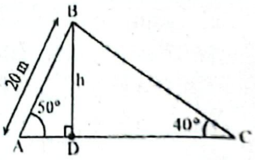
গ আমরা জানি,

$E_P = mgh$

$= 3 \times 9.8 \times 15.321$

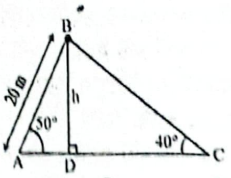
$= 450.434$ J

$\therefore$ B বিন্দুতে থাকা গোলকটির বিভবশক্তি 450.434 J **(Ans.)**



এখানে,
B বিন্দুর উচ্চতা, BD = h হলে
$BD = AB \sin\angle BAD$
বা, $h = 20 \sin 50° = 15.321$ m
B বিন্দুর ধাতব গোলকটির ভর,
$m = 3$ kg
বিভবশক্তি, E_P = ?

ঘ



BA ও BC ঘর্ষণবিহীন তল হলে শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি অনুযায়ী B বিন্দু থেকে গোলকটি ছেড়ে দেয়া হলে A ও C বিন্দুতে গোলকটির গতিশক্তি B বিন্দুতে গোলকটির বিভবশক্তির সমান হতো। কিন্তু ঘর্ষণ বল থাকায় এর বিরুদ্ধে পড়তে গিয়ে গোলকের কিছু শক্তি ব্যয় হয়।

BA পথের ক্ষেত্রে,

$E_{KA} = E_P - Fs$

$= 450.434 - 4.5 \times 20$

$= 360.434$ J

'গ' থেকে পাই, B বিন্দুতে বিভবশক্তি

$E_P = 450.434$ J

BA পথের দৈর্ঘ্য, s = 20 m

BA পথে মোট ঘর্ষণ বল

$F_s = (1.5 \times 3)$ N = 4.5 N

গোলকের ভর, m = 3 kg

A বিন্দুতে গতিশক্তি, $E_{KA} = ?$

BC পথের ক্ষেত্রে,

$E_{KC} = E_P - Fs_1$

$= 450.434 - 3 \times 23.835$

$= 378.929$ J

দেখা যাচ্ছে, $E_{KA} \neq E_{KC}$

অর্থাৎ A বিন্দু ও C বিন্দুতে গোলকটির গতিশক্তি সমান হবে না।

'গ' থেকে পাই, B বিন্দুর উচ্চতা, h = 15.321 m

BC পথের দৈর্ঘ্য, s_1 হলে,

$\sin \angle BCD = \frac{h}{BC}$

বা, $BC = \frac{h}{\sin 40^\circ}$

$\therefore s_1 = \frac{15.321}{\sin 40^\circ} = 23.835$ m

গোলকের ভর, m = 3 kg

BC পথে ঘর্ষণ বল $F_1 = (1 \times 3)$ N

$= 3$ N

C বিন্দুতে গতিশক্তি $E_{KC} = ?$

প্রশ্ন ▶ ৩১ রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৩

পানিপূর্ণ একটি পুকুরের মাত্রা 25 m × 10 m × 3 m। 10 HP অশ্বক্ষমতা সম্পন্ন একটি পানির পাম্প পুকুরটিকে 30 মিনিটে খালি করতে পারে। অপর একটি পানির পাম্প, 25 HP ক্ষমতাসম্পন্ন একই কাজ 15 মিনিটে করতে সক্ষম। (সংশোধিত)

ক. অশ্বক্ষমতা কাকে বলে? ১

খ. একজন ক্রিকেট খেলোয়াড় মাঠে বল ধরার সময় হাত পেছনে নেন কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. দুটি পাম্প একত্রে ব্যবহৃত হলে পুকুরটি খালি করতে কত সময় লাগবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন পাম্পটির ব্যবহার অধিক সাশ্রয়ী হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অশ্বক্ষমতা হলো ক্ষমতার একটি ব্যবহারিক একক। 1 সেকেন্ডে 746 জুল কাজ করার ক্ষমতাকে 1 অশ্বক্ষমতা বলে।

খ F = ma সূত্রানুসারে, ত্বরণ কম হলে প্রযুক্ত বল কম হবে। বেগের পরিবর্তন ধ্রুব হলে, এই পরিবর্তনে যত বেশি সময় নেয়া হবে, ত্বরণের মান তত কম হবে। তাই ক্রিকেট খেলায় ক্যাচ ধরার সময় খেলোয়াড় হাতটাকে পিছনে টেনে নেয়, যাতে বেগের নির্দিষ্ট পরিমাণ পরিবর্তনে (যেমনঃ 5 ms^{-1} হতে 0 ms^{-1}) বেশি সময় লাগে। ফলে ত্বরণ ও প্রতিক্রিয়া বল কম মানের হয় এবং খেলোয়াড় হাতে ব্যথা পান না।

গ ১ম পাম্প—

30 মিনিটে খালি করে পুকুরের 1 অংশ (সম্পূর্ণ অংশ)

∴ 1 মিনিটে খালি করে পুকুরের $\frac{1}{30}$ অংশ

২য় পাম্প—

15 মিনিটে খালি করে পুকুরের 1 অংশ (সম্পূর্ণ অংশ)

∴ 1 মিনিটে খালি করে পুকুরের $\frac{1}{15}$ অংশ

∴ দুটি পাম্প একত্রে 1 মিনিটে খালি করে $= \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{15}\right)$ অংশ

$= \frac{1}{10}$ অংশ

∴ যখন দুটি পাম্প একত্রে চলে তখন—

$\frac{1}{10}$ অংশ খালি হয় 1 মিনিটে

∴ 1 (সম্পূর্ণ) অংশ খালি হয় $\frac{1}{\frac{1}{10}} = 10$ মিনিটে

অর্থাৎ, দুটি পাম্প একত্রে ব্যবহৃত হলে 10 মিনিটে পুকুরটিকে খালি করতে পারবে।

ঘ

১ম পাম্পের কার্যকর ক্ষমতা,

$P_1 = \frac{mgh}{t_1}$

$= \frac{7.5 \times 10^5 \times 9.8 \times 1.5}{30 \times 60}$

$= 6125$ W

$= 8.21$ hp

এখানে,

পুকুরের আয়তন, $V = 25 \times 10 \times 3$

$= 750\ m^3$

পানি উত্তোলনের উচ্চতা,

$h = \frac{3}{2} = 1.5$ m

পানির ভর, $m = \rho V$

$= (1000 \times 750)$ kg

$= 7.5 \times 10^5$ kg

সময়, $t_1 = 30$ min

$= (30 \times 60)$ sec

মোট প্রদত্ত ক্ষমতা = 10 HP

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

১ম পাম্পের কর্মদক্ষতা, $\eta_1 = \frac{\text{লভ্য কার্যকর ক্ষমতা}}{\text{মোট প্রদত্ত ক্ষমতা}} \times 100\%$

$= \frac{8.21}{10} \times 100\%$

$= 82.1\%$

২য় পাম্পের কার্যকর ক্ষমতা,

$P_2 = \frac{mgh}{t_2}$

$= \frac{7.5 \times 10^5 \times 9.8 \times 1.5}{15 \times 60}$

$= 12250$ W

$= 16.42$ HP

এখানে,

সময়, $t_2 = 15$ min

$= (15 \times 60)$ sec

মোট প্রদত্ত ক্ষমতা = 25 HP

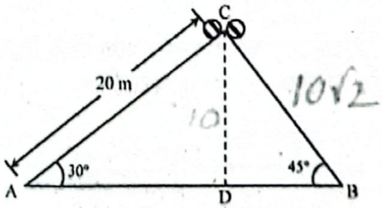
২য় পাম্পের কর্মদক্ষতা, $\eta_2 = \frac{16.42}{25} \times 100\%$

$= 65.68\% < 82.1\%\ (\eta_1)$

∴ $\eta_1 > \eta_2$ অর্থাৎ ১ম পাম্পটি ব্যবহার করা অধিক সাশ্রয়ী হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩২ কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৩

নিচের চিত্রে দুটি হেলানো তল AC ও BC এর শীর্ষবিন্দু C এর উভয় পাশে 2 kg ভরের দুটি লোহার গোলকের অবস্থান দেখানো হলো। AC তলের দৈর্ঘ্য 20 m :



10√2 14.142

ক. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কী? ১

খ. কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক কখন শূন্য হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. C বিন্দুতে গোলক দুটির মোট শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের গোলক দুটিকে একই সাথে মুক্ত করলে একই সময়ে AB অনুভূমিক তলে পৌঁছাবে কি-না, তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

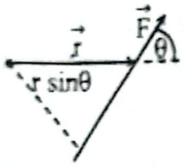
৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একাধিক বস্তুর মধ্যে যে সংঘর্ষের ক্ষেত্রে মোট ভরবেগ ও মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

খ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ অক্ষ হতে বলের ক্রিয়ারেখার লম্ব দূরত্বের গুণফলকে টর্ক বলে।

∴ টর্ক τ = ঘূর্ণন অক্ষ হতে বলের ক্রিয়ারেখার লম্ব দূরত্ব × বল

$= Fr\sin\theta$



এখন, যদি $\theta = 0°$ হয় তবে

$\tau = Fr\sin 0°$

$= 0$

অর্থাৎ, ব্যাসার্ধ ভেক্টর ও বলের ক্রিয়ারেখা একই হলে ঐ বস্তুতে ক্রিয়াশীল টর্ক শূন্য হবে।

আবার, ঠিক ঘূর্ণন অক্ষে বল ক্রিয়া করলে, $r = 0$

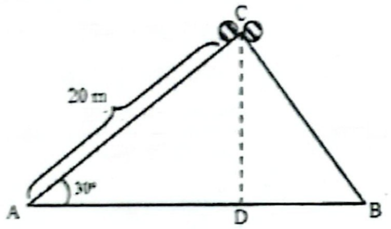
এক্ষেত্রেও (টর্ক) $\tau = Fr\sin\theta = F \times 0 \times \sin\theta = 0$

আবার বস্তুটির উপর দুই বা ততোধিক বলের লব্ধি শূন্য হলে, $F = 0$

এক্ষেত্রেও টর্ক, $\tau = 0 \times r\sin\theta = 0$ হবে।

অতএব, কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ারত বলগুলোর লব্ধি শূন্য অথবা বল ঠিক ঘূর্ণন অক্ষে ক্রিয়াশীল হলে অথবা ব্যাসার্ধ ভেক্টর ও বলের ক্রিয়ারেখা একই হলে বস্তুটির ওপর ক্রিয়াশীল টর্ক শূন্য হবে।

গ



চিত্রে সমকোণী ΔACD হতে,

$CD = AC\sin 30°$

$= 20 \times \sin 30° = 10$ m

∴ ভূমি হতে গোলকদ্বয়ের উচ্চতা, h = 10 m

C বিন্দুতে গোলকদ্বয় স্থির অবস্থানে আছে বলে এদের গতিশক্তি শূন্য। ফলে এদের মোট শক্তি হবে C অবস্থানে বিভবশক্তির সমান।

∴ C বিন্দুতে গোলকদ্বয়ের মোট শক্তি = ১ম গোলকের বিভবশক্তি + ২য় গোলকের বিভবশক্তি

$= mgh + mgh$

$= 2mgh$

$= 2 \times 2 \times 9.8 \times 10$

= 392J (Ans.)

এখানে,
গোলকদ্বয়ের প্রত্যেকটির ভর, m = 2 Kg
গোলকদ্বয়ের উচ্চতা, h = 10m

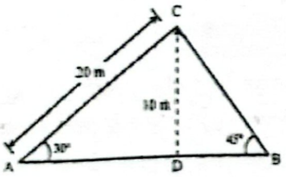
ঘ

চিত্রে ΔCBD হতে,

$\sin 45° = \frac{CD}{CB}$

বা, $CB = \frac{CD}{\sin 45°} = \frac{10}{\frac{1}{\sqrt{2}}}$

= 14.14 m



গোলকদ্বয়কে C বিন্দুতে স্থির অবস্থান হতে ছেড়ে দিলে এরা CA ও CB পথে পড়তে যথাক্রমে t_{CA} ও t_{CB} সময় নিলে,

$$\frac{s_{AC}}{s_{CB}} = \frac{\frac{1}{2}a_{CA}t_{CA}^2}{\frac{1}{2}a_{CB}t_{CB}^2} = \frac{g\sin\theta_{CA}t_{CA}^2}{g\sin\theta_{CB}t_{CB}^2}$$

$$\text{বা, } \frac{t_{CA}^2}{t_{CB}^2} = \frac{s_{AC}}{s_{CB}} \times \frac{\sin\theta_{CB}}{\sin\theta_{CA}} = \frac{20}{14.14} \times \frac{\sin 45°}{\sin 30°} = 2$$

$$\therefore \frac{t_{CA}}{t_{CB}} = \sqrt{2}$$

$$\therefore t_{CA} \neq t_{CB}$$

∴ অতএব, গোলকদ্বয় একই সময়ে ভূমিতে পৌঁছাবে না।

প্রশ্ন ▸ ৩৩ সিলেট বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন ন

সীমা 18 kg ভরের একটি ব্যাগ নিয়ে 50m উঁচু একটি বিল্ডিং এ উঠ পর ছাদ থেকে ব্যাগটি পড়ে গেলে সেটি 'h' উচ্চতায় পাশের বি এর ছাদে 24.25 ms^{-1} বেগে পড়ল।

ক. স্প্রিং বল কী?

খ. সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে রাখা হয় কে ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকের 'h' এর মান নির্ণয় করো।

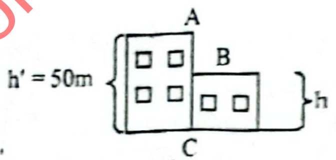
ঘ. 'h' উচ্চতায় বিভবশক্তি গতিশক্তির সমান হবে কি গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো স্প্রিংকে তার স্বাভাবিক অবস্থান হতে সংকুচিত প্রসারিত করা হয়, তখন স্প্রিংটি এই সংকোচন বা প্রসারণের বিরুদ্ধে প্রত্যয়নী বল প্রয়োগ করে তাকে স্প্রিং বল বলে।

খ সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে রাখা হয়, কা সেক্ষেত্রে দোলকটি মোটামুটি সরলরেখায় কম্পিত হয়, এর ফলে গতিকে সরল ছন্দিত গতিরূপে বিবেচনা করা যায় এবং $T = 2\pi$ সমীকরণটি ব্যবহার করা যায়। কারণ কৌণিক বিস্তার অত্যন্ত ধরেই সমীকরণটি প্রতিপাদিত হয়েছে।

গ



আমরা জানি,

$v^2 = u^2 + 2gs$

বা, $2gs = v^2 - u^2$

$\therefore s = \frac{v^2 - u^2}{2g}$

$= \frac{(24.25)^2 - 0^2}{2 \times 9.8} = 30$ m

এখানে,
আদিবেগ, u = 0
শেষবেগ, v = 24.25 ms^{-1}
অভিকর্ষজ ত্বরণ, g = 9.8 ms^{-2}
অতিক্রান্ত দূরত্ব, s = ?

শর্তমতে, 50 m − h = s

বা, h = 50m − s = 50m − 30m = 20 m

∴ নির্ণেয় মান = 20 m (Ans.)

ঘ 'গ' হতে পাই উচ্চতা, h = 20m

∴ h = 20 m উচ্চতায় বিভবশক্তি E_P ও গতিশক্তি E_K হলে,

$$\frac{E_P}{E_K} = \frac{mgh}{\frac{1}{2}mv^2} = \frac{2gh}{v^2}$$

$$= \frac{2 \times 9.8 \times 20}{(24.25)^2} = 0.667$$

এখানে,
উচ্চতা, h = 20 m
h উচ্চতায় বেগ, v = 24.25 ms^{-1}
অভিকর্ষজ ত্বরণ, g = 9.8 ms^{-2}

বা, $\frac{E_P}{E_K} < 1$

অতএব, $E_P \neq E_K$

অর্থাৎ h উচ্চতায় বিভবশক্তি গতিশক্তির সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৩৪ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ▌প্রশ্ন ন

উলম্বের সাথে 66.42° কোণে আনত একটি রাস্তায় 250 kg ভরের এ গাড়ি 12.393 ms^{-1} বেগে নিচের দিকে চলছে। ব্রেক প্রয়োগ কা কারণে 30 m দূরত্ব অতিক্রম করার পর গাড়িটি থামল।

◂ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সম

ক. ব্যাসার্ধ ভেক্টর কী?

খ. স্কেলার গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চললেও ভেক্টর গুণন না— ব্যাখ্যা করো।

গ. গাড়িটি থামাতে বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় করো।

ঘ. উদ্দীপকের ঘটনাটি শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসজ্জা কাঠামোর মূলবিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টর দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তাই ঐ বিন্দুর ব্যাসার্ধ ভেক্টর।

খ স্কেলার গুণনের ক্ষেত্রে $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যকার কোণ θ হলে এদের স্কেলার গুণফল $\vec{A}\,.\,\vec{B} = AB\cos\theta$ এবং $\vec{B}\,.\vec{A} = BA\cos\theta$; এখানে, A ও B হলো যথাক্রমে ভেক্টরদ্বয়ের মান।

সুতরাং, $\vec{A}\,.\,\vec{B} = \vec{B}\,.\,\vec{A}$

কিন্তু $\vec{A}\times\vec{B} = AB\sin\theta\,\hat{\eta}$ এবং $\vec{B}\times\vec{A} = AB\sin\theta\,(-\hat{\eta}) = -AB\sin\theta\,\hat{\eta}$

$\therefore \vec{A}\times\vec{B} = -(\vec{B}\times\vec{A})$ বা, $\vec{A}\times\vec{B} \neq \vec{B}\times\vec{A}$

অতএব, দুটি ভেক্টরের স্কেলার গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চললেও ভেক্টর গুণন তা মেনে চলে না।

গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1620 N।

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: আদিতে শক্তি 48600 J এবং বাধাদানকারী বল দ্বারা ক্ষয় হওয়া শক্তি 48600 J। সুতরাং উদ্দীপকের ঘটনাটি শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে।

প্রশ্ন ▸ ৩৫ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ❙ প্রশ্ন নং ৩

11 m উচ্চতার একটি গাছ থেকে 2 kg ভরের একটি নারিকেল নিচের দিকে পড়ছে। নিচে পড়ার সময় এটি বাতাসের দ্বারা 3.6 N বাধাদানকারী বলের সম্মুখীন হয়। এটি মাটিতে স্পর্শ করার 1 সেকেন্ডে পর থেমে গেল। *◂ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে*

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১

খ. গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে কেন? ২

গ. উদ্দীপকের নারিকেলটির মাটিতে পড়ার সময় নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি নারিকেলটি সর্বোচ্চ 20N বাধাদানকারী বল সহ্য করতে পারে, তবে এটি কি ভাঙবে নাকি ভাঙবে না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কোনো উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয় তাই পার্কিং কক্ষপথ।

খ সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে কার্যকরী দৈর্ঘ্য, L এর মান বৃদ্ধি পেলে পর্যায়কাল, T এর মান বৃদ্ধি পাবে। কারণ কোনো নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষণ ত্বরণ (g) নির্দিষ্ট। গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ির কার্যকরী দৈর্ঘ্য বেড়ে যায় বলে দোলনকাল বৃদ্ধি পায় এবং দোলনকাল বৃদ্ধির কারণেই গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

গ বাতাসের বাধাদানকারী বলের দরূন সৃষ্ট মন্দন a হলে,

$$a = \frac{F}{m} = \frac{3.6}{2} = 1.8\ ms^{-2}$$

∴ নারিকেলের লব্ধি ত্বরণ,

$$g - a = 9.8 - 1.8 = 8\ ms^{-2}$$

এখন নারিকেলটি নিচে পড়ার ক্ষেত্রের এর আদিবেগ শূন্য।

$$\therefore h = \frac{1}{2}(g-a)t^2$$

$$বা,\ t = \sqrt{\frac{2h}{g-a}} = \sqrt{\frac{2\times 11}{8}} = 1.658\ s$$

এখানে,
উচ্চতা, h = 11 m
ভর, m = 2 kg
বাতাসের বাধাদানকারী বল, F = 3.6 N
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
নারিকেলটি মাটিতে পড়ার সময়, t = ?

সুতরাং, নারিকেলটির মাটিতে পড়ার সময় 1.658 s **(Ans.)**

ঘ মাটিতে পড়ার মুহূর্তে,

গতিশক্তি = বিভবশক্তি

$$বা,\ \frac{1}{2}mv^2 = m(g-a)h$$

$$বা,\ v^2 = 2(g-a)h$$

$$বা,\ v = \sqrt{2(g-a)h}$$

$$বা,\ v = \sqrt{2\left(9.8 - \frac{3.6}{2}\right)\times 11}$$

$$\therefore v = 4\sqrt{11}\ ms^{-1}$$

এখানে,
ভর, m = 2 kg
উচ্চতা, h = 11 m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
মাটিতে স্পর্শের সময় বেগ, v = ?
বাতাসের বাধাদানকারী বল, = 3.6 N
বাধাদানকারী বলের দরুন সৃষ্ট মন্দন, $a = \frac{F}{m} = \frac{3.6}{2}\ ms^{-2}$

যেহেতু নারিকেলটি 1 s এ মাটিতে থেমে যায় তাই,

$$v_1 = v - a't$$

$$বা,\ 0 = 4\sqrt{11} - a'\times 1$$

$$বা,\ a' = 4\sqrt{11}\ ms^{-1}$$

এখানে,
থেমে যাওয়ায় শেষবেগ, $v_1 = 0\ ms^{-1}$
সময়, t = 1s
মাটিতে প্রবেশের সময় মন্দন, a′ = ?

∴ মাটির বাধাদানকারী বল, $ma' = 2\times 4\sqrt{11} = 26.53\ N > 20\ N$

নারিকেলটি যেহেতু সর্বোচ্চ 20 N বাধাদানকারী বল সহ্য করতে পারে তাই এটি ভাঙবে।

প্রশ্ন ▸ ৩৬ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ❙ প্রশ্ন নং ৭

একটি বিল্ডিং এর ছাদের সাথে 5 m লম্বা একটি মই অনুভূমিকের সাথে 30° কোণ উৎপন্ন করে। 60 kg ভরের একজন লোক 20 kg বোঝা নিয়ে ছাদে ওঠে।

ক. H. P. কী? ১

খ. ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ছাদে ওঠার সময় লোকটি অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কতটুকু কাজ করেছে? ৩

ঘ. কতটুকু অশ্বক্ষমতা সে প্রয়োগ করেছে—
  i. যদি সে 10 s এ ছাদে ওঠে
  ii. হেলানো তলের পরিবর্তে সে যদি একটি খাড়া মই ব্যবহার করে 10 s এ ছাদে ওঠে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ব্যক্তি বা যন্ত্র যদি প্রতি সেকেন্ডে 746 J পরিমাণ কাজ করতে পারে বা 746 J পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে পারে, তবে তার ক্ষমতাই এক অশ্বক্ষমতা বা, 1 H.P.।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না, সেই বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বলের দ্বারা কৃত কাজ ঋণাত্মক, ফলে একটি পূর্ণ চক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনোই শূন্য হতে পারে না। তাই ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1960 J।

ঘ 'গ' হতে পাই,

অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজ, W = 1960 J

i. যদি সে 10 s এ ছাদে ওঠে তবে ক্ষমতা P হলে,

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1960}{10} = 196\ W = \frac{196}{746} = 0.263\ H.P.$$

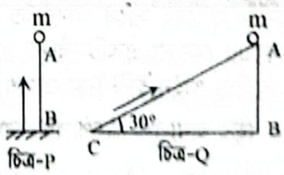
এখানে,
ছাদে ওঠার জন্য প্রয়োজনীয় সময়, t = 10 s

ii. হেলানো তলের পরিবর্তে সে যদি একটি খাড়া মই ব্যবহার করে ছাদে ওঠে তবে ক্ষমতা P′ হলে,

$$P' = \frac{W}{t} = \frac{1960}{10} = 196\ W = \frac{196}{746}\ H.P. = 0.263\ H.P.$$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে যে উভয়ক্ষেত্রেই লোকটির প্রয়োগকৃত অশ্ব ক্ষমতা = 0.263।

প্রশ্ন ▸ ৩৭ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৩



উভয় চিত্রে, AB = 30 m এবং উভয় চিত্রে বস্তুদ্বয়ের ভর সমান। P চিত্রে, বস্তুটি BA পথে উপরে তোলা হলো এবং Q চিত্রে CA পথে উপরে তোলা হলো। *◂ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে*

ক. গতিশক্তির সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কোনো বস্তুর ক্ষমতা 10 HP ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P চিত্রে, কত উচ্চতায় বস্তুর গতিশক্তি বিভবশক্তির $\frac{2}{3}$ গুণ? ৩

ঘ. উদ্দীপকে P ও Q চিত্রের মধ্যে কোন পথে বস্তুটি উপরে তোলা সুবিধাজনক হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু গতিশীল থাকার কারণে তার মধ্যে যে পরিমাণ শক্তি সঞ্চারিত হয়, তাকে ঐ বস্তুর গতিশক্তি বলে।

খ ক্ষমতার একটি ব্যবহারিক একক হলো অশ্বক্ষমতা (HP)। ওয়াটের সাথে এর সম্পর্ক হলো:

$1\ HP = 746\ W$

$\therefore 10\ HP = 10\times 769 = 7460\ W$। কোন বস্তুর ক্ষমতা 10 HP বলতে বোঝায় যন্ত্রটি প্রতি সেকেন্ডে 7460 J কাজ করতে পারবে।

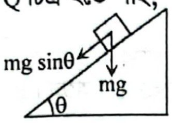
গ ২৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 18 m।

ঘ

P চিত্রে খাড়া উপরের দিকে m ভরের বস্তুটিকে তুলতে হলে প্রযুক্ত বল, $F = mg = 9.8m\ N$

এখানে,
বস্তুর ভর, m
উচ্চতা, AB = h
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
চিত্র-Q এর ক্ষেত্রে, $\theta = 30°$

Q চিত্র হতে পাই,



তল বরাবর বস্তুটির অভিকর্ষ বলের উপাংশ

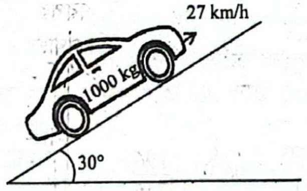
$F' = mg\sin\theta = m \times 9.8 \times \sin30° = 4.9m\ N$

এখানে, $F' < F$। অর্থাৎ বস্তুটিকে তল বরাবর উঠানোর জন্য, খাড়া উপরে উঠানোর চেয়ে কম বল প্রয়োগ করতে হয়। সুতরাং P ও Q চিত্রের মধ্যে Q চিত্রের CA পথে বস্তুটি উপরে তোলা সুবিধাজনক।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ পাবনা ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৮

30° কোণে আনত একটি ফ্লাইওভার দিয়ে নিচের চিত্রে একটি গাড়ি 27 kmh^{-1} বেগে চলছে। হঠাৎ গাড়িটির ইঞ্জিন বন্ধ হয়ে গেল। [রাস্তার ঘর্ষণ গুণাংক, $\mu_k = 0.3$]

◀ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে



ক. কার্ল কী? ১

খ. দেখাও যে, একই ভরের দুটি বস্তু স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের পর পরস্পর বেগ বিনিময় করে। ২

গ. ইঞ্জিন বন্ধ হওয়ার পর গাড়িটি ফ্লাইওভারে কত দূরত্বে যেতে পারবে? ৩

ঘ. সিস্টেমটি কি শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন ভেক্টর ক্ষেত্রের ঘূর্ণনের সাথে সম্পর্কিত এমন একটি ভেক্টর রাশি যা ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের কোনো একটি বিন্দুর চতুর্দিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ভেক্টরটির সর্বোচ্চ লাইন ইন্টিগ্র্যাল প্রকাশ করে তাই কার্ল।

খ দুটি একই ভরের বস্তুর জন্য স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$mu_1 + mu_2 = mv_1 + mv_2$

এবং $\frac{1}{2}mu_1{}^2 + \frac{1}{2}mu_2{}^2 = \frac{1}{2}mv_1{}^2 + \frac{1}{2}mv_2{}^2$

এখানে m হলো বস্তু দুইটির ভর, u_1 ও u_2 বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পূর্বের বেগ এবং v_1 ও v_2 হলো বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পরের বেগ।

উপরের সমীকরণ দুইটি থেকে আমরা পাই,

$u_1 - v_1 = v_2 - u_2 \ldots\ldots\ldots(1)$

এবং $u_1{}^2 - v_1{}^2 = v_2{}^2 - u_2{}^2$

বা, $(u_1 - v_1)(u_1 + v_1) = (v_2 - u_2)(v_2 + u_2) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$

সমীকরণ (2) কে (1) দ্বারা ভাগ করে পাই,

$u_1 + v_1 = v_2 + u_2 \ldots\ldots\ldots(3)$

সমীকরণ (1) ও (3) যোগ করে পাই,

$2u_1 = 2v_2$

বা, $v_2 = u_1$

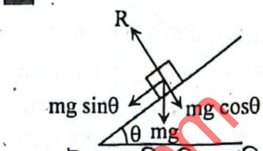
সমীকরণ (1) ও (3) বিয়োগ করে পাই,

$2u_2 = 2v_1$

বা, $v_1 = u_2$

সুতরাং, একই ভরের দুটি বস্তু স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের পর পরস্পর বেগ বিনিময় করে।

গ



তলের উপর অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া বল,

$R = mg\cos\theta$

সুতরাং ঘর্ষণ বল, $F_K = \mu_K R$

$= \mu_k\, mg\cos\theta$

এখানে,
অনুভূমিকের সাথে উৎপন্ন কোণ, $\theta = 30°$
গাড়ির ভর, $m = 1000\ kg$
গাড়ির বেগ, $u = 27\ km/h$
$= \frac{27 \times 1000}{3600}\ ms^{-1} = 7.5\ ms^{-1}$
রাস্তার ঘর্ষণ গুণাংক, $\mu_k = 0.3$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

তল বরাবর গাড়ির মন্দন a হলে,

$\Sigma F = ma$

বা, $mg\sin\theta + F_k = ma$

বা, $mg\sin\theta + \mu_k\, mg\cos\theta = ma$

বা, $a = g\sin\theta + \mu_k\, g\cos\theta$

বা, $a = 9.8\sin30° + 0.3 \times 9.8\cos30° = 7.45\ ms^{-2}$

ধরা যাক, তল বরাবর দূরত্ব s ও শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$

সুতরাং, $v^2 = u^2 - 2as$

বা, $s = \frac{u^2 - v^2}{2a} = \frac{(7.5)^2 - 0^2}{2 \times 7.45} = 3.775\ m$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

তল বরাবর ফ্লাইওভারে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 3.775\ m$

আদিতে গাড়িটির গতিশক্তি,

$E_{K_1} = \frac{1}{2}mu^2$

$= \frac{1}{2} \times 1000 \times 7.5^2$

$= 28125\ J$

ফ্লাইওভারের গোড়ায় $h_1 = 0$ তাই বিভবশক্তি, $E_{P_1} = mgh_1 = 1000 \times 9.8 \times 0 = 0$

এখানে,
গাড়ির ভর, $m = 1000\ kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
ঘর্ষণ গুণাংক, $\mu_k = 0.3$
গাড়িটির আদিবেগ,
$u = 7.5\ ms^{-1}$ ('গ' হতে)

সুতরাং মোট শক্তি, $E_1 = E_{K_1} + E_{P_1} = 28125 + 0 = 28125\ J$

গাড়িটি ফ্লাইওভারের h_2 উচ্চতায় ওঠলে, $h_2 = s\sin30° = 3.775 \times \sin30°$
$= 1.8875\ m$

বিভবশক্তি, $E_{P_2} = mgh_2 = 1000 \times 9.8 \times 1.8875 = 18497.5\ J$

বেগ, $v_2 = 0$

গতিশক্তি, $E_{K_2} = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times m \times 0^2 = 0\ J$

সুতরাং মোট শক্তি, $E_2 = E_{K_2} + E_{P_2} = 0 + 18497.5\ J = 18497.5\ J$

এখানে গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে, $E_1 \neq E_2$ অর্থাৎ সিস্টেমটি শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৩

একটি পানি ভর্তি সিলিন্ডার আকৃতির কুয়ার গভীরতা 100 m এবং কুয়ার ব্যাস 12 m। একটি পাম্প 1 ঘন্টায় কুয়াটিকে খালি করতে পারে। এক তৃতীয়াংশ পানি তোলার পর পাম্পটি নষ্ট হলে, 3 গুণ ক্ষমতার আরেকটি পাম্প ব্যবহার করে বাকি পানি তোলা হয় এবং $10\ ms^{-1}$ বেগে দূরবর্তী স্থানে নিক্ষেপ করা হয়।

ক. প্রত্যয়নী বল কাকে বলে? ১

খ. স্প্রিং ধ্রুবকের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ১ম পাম্পের ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে দুইটি পাম্পের কৃতকাজের তুলনা কর। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোন বস্তুর মাত্রা বিকৃতি ঘটানোর চেষ্টা করলে বস্তুর অভ্যন্তরে বিকৃতির বিরুদ্ধে যে বলের উদ্ভব হয়, তাকে প্রত্যয়নী বল বলে।

খ কোনো স্প্রিং এর মুক্ত প্রান্তের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে প্রত্যয়নী বল প্রয়োগ করে তাকে ঐ স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক বলে। স্প্রিং ধ্রুবকের মান যত বেশি হবে, নির্দিষ্ট পরিমাণ বিকৃতির জন্য প্রত্যয়নী বলও তত বেশি হবে। এ ধ্রুবকের মান স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য, জ্যামিতিক গঠন ও স্প্রিং গঠনকারী পদার্থের স্থিতিস্থাপক ধর্মের উপর নির্ভর করে।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.54×10^6 W।

ঘ আমরা জানি,

সিলিন্ডার আকৃতির,

কুয়ার আয়তন, $V = \pi r^2 h$

এবং কুয়াতে মোট পানির ভর,

$m = \rho v = \rho\pi r^2 h$

$= 1000 \times 3.1416 \times 6^2 \times 100$

$= 11309760$ kg

এখানে,

কুয়ার গভীরতা, $h = 100$ m

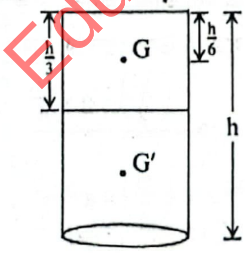
কুয়ার ব্যাস, $d = 12$ m

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = \frac{12}{2} = 6$ m

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$

২য় পাম্প দ্বারা পানি নিক্ষেপের বেগ, $v = 10\ ms^{-1}$



১ম পাম্পের ক্ষেত্রে,

$m_1 = \frac{m}{3} = \frac{11309760}{3} = 3769920$ kg

গড় উচ্চতা, $h_1 = \frac{h}{6} = \frac{100}{6} = \frac{50}{3}$ m

কৃতকাজ $W_1 = m_1gh_1$

$= 3769920 \times 9.8 \times \frac{50}{3}$

$= 6.157 \times 10^8$ J

২য় পাম্পের ক্ষেত্রে,

$m_2 = \frac{2m}{3} = \frac{2 \times 11309760}{3} = 7539840$ kg

গড় উচ্চতা, $h_2 = \frac{\frac{h}{3} + h}{2} = \frac{2h}{3} = \frac{2 \times 100}{3} = \frac{200}{3}$

২য় পাম্প দ্বারা কৃতকাজ,

$W_2 =$ বিভবশক্তি + গতিশক্তি $= m_2gh_2 + \frac{1}{2}m_2v^2$

$= 7539840 \times 9.8 \times \frac{200}{3} + \frac{1}{2} \times 7539840 \times 10^2$

$= 5.3 \times 10^9$ J

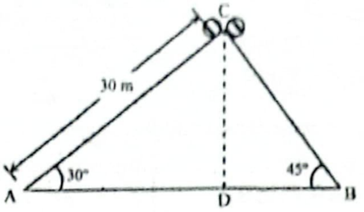
এখন, $\frac{W_2}{W_1} = \frac{5.3 \times 10^9}{6.157 \times 10^8} = 8.6$

বা, $W_2 = 8.6\ W_1$

সুতরাং ২য় পাম্প দ্বারা কৃতকাজ ১ম পাম্প দ্বারা কৃতকাজের 8.6 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪০ রংপুর ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৫

দুটি হেলানো তল AC ও BC তে 1 kg ভরের দুটি লোহার গোলক নিচের চিত্রে দেখানো হয়েছে। AC এর দৈর্ঘ্য 30 m।



ক. অসহ পীড়ন কাকে বলে? ১

খ. শীতকালের চেয়ে বর্ষাকালে কাপড় ধীরে শুকায় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. C বিন্দুতে গোলক দুটির মোট শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি গোলক দুটিকে একই সময়ে ছেড়ে দেওয়া হয় তবে AB তলে পৌঁছাতে কি একই সময় লাগবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভারকে বা অসহ ওজনকে অসহ পীড়ন বলে।

খ বাষ্পায়নের প্রভাবে ভেজা কাপড় শুকায়। বাতাসে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের পরিমাণ বা আর্দ্রতা বাষ্পায়নের হারকে নিয়ন্ত্রণ করে। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোন বিশুদ্ধ তরলের বাষ্পায়নের হার বাতাসে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে কমে এবং হ্রাস পেলে বাড়ে। শীতকালে বাতাসের আর্দ্রতা কম থাকায় ভেজা কাপড় দ্রুত শুকায়। কিন্তু বর্ষাকালে বায়ুর আর্দ্রতা বৃদ্ধি পায় বলে বাষ্পায়ন হ্রাস পায় এবং কাপড় ধীরে শুকায়।

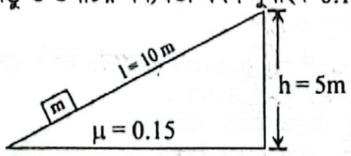
গ ৩২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 294 J।

ঘ ৩২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: CA বরাবর পৌঁছাতে CB বরাবর পৌঁছানোর তুলনায় $\sqrt{2}$ গুণ বেশি সময় লাগবে। অর্থাৎ গোলক দু'টি AB তলে পৌঁছাতে একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪১ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৪

10 m দৈর্ঘ্য ও 5 m উচ্চতা বিশিষ্ট একটি আনত তলে 0.3 kg ভরের একটি বস্তুকে উপরে তোলা হলো এবং এরপর এটিকে নিচে পড়তে দেওয়া হলো। বস্তু ও তলটির মধ্যবর্তী ঘর্ষণ গুণাংক 0.15।



ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্য বিবৃতি করো। ১

খ. ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উপরে ওঠার সময় প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ কত? ৩

ঘ. ঘর্ষণ বল দ্বারা বস্তুটির উপরে উঠতে ও নিচে নামতে কৃতকাজ নির্ণয় করো ও ভ্রমণের শেষে বস্তুটির গতিশক্তি কত হবে? ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

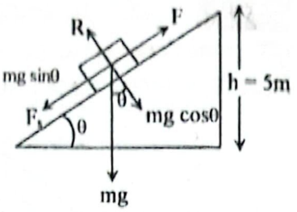
ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না, সেই বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে। একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বলের দ্বারা কৃত কাজ ঋণাত্মক, ফলে একটি পূর্ণ চক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনো শূন্য হতে পারে না। তাই ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ বস্তুটির উপরে উঠার ক্ষেত্রে,
প্রতিক্রিয়া বল, $R = mg\cos\theta$
প্রযুক্ত বল,

$$F = F_s + mg\sin\theta$$
$$= \mu_s R + mg\sin\theta$$
$$= \mu_s mg\cos\theta + mg\sin\theta$$
$$= mg(\mu_s\cos\theta + \sin\theta)$$



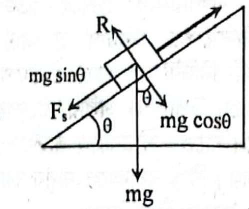
∴ উপরে উঠার সময় প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = Fl$

$$= mgl(\mu_s\cos\theta + \sin\theta)$$
$$= 0.3 \times 9.8 \times 10(0.15\cos 30° + \sin 30°)$$
$$= 18.52 \text{ J } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
আনত তলের দৈর্ঘ্য,
$l = 10$ m
আনত তলের উচ্চতা, $h = 5$ m
আনুভূমিকের সাথে কোণ θ হলে, $\sin\theta = \frac{h}{l} = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$
$\therefore \theta = \sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) = 30°$
বস্তুর ভর, $m = 0.3$ kg
তলের ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_s = 0.15$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

ঘ ঘর্ষণ বল সবসময় বস্তুর গতির বিপরীতে ক্রিয়া করে বস্তুর গতিকে বাধা দেয়।

বস্তু উপরে উঠার ক্ষেত্রে ঘর্ষণ বল F_s তল বরাবর নিচের দিকে ক্রিয়া করে—



এক্ষেত্রে, প্রতিক্রিয়া বল,
$R = mg\cos\theta$
∴ ঘর্ষণ বল, $F_s = \mu_s R$
$= \mu_s mg\cos\theta$

∴ উপরে উঠার ক্ষেত্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ, $W_1 = F_s l\cos 180°$ [ঘর্ষণ বল ও সরণের কোণ 180°]

$$= -\mu_s mg\cos\theta l$$
$$= -0.15 \times 0.3 \times 9.8 \times \cos 30° \times 10$$
$$= -3.819 \text{ J}$$

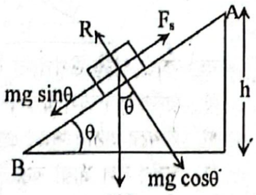
এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
বস্তুর ভর, $m = 0.3$ kg
তল বরাবর সরণ, $l = 10$ m
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_s = 0.15$
'গ' থেকে পাই,
অনুভূমিকের সাথে আনত তলের কোণ, $\theta = 30°$

বস্তুটি নিচে নামার ক্ষেত্রে, ঘর্ষণ বল উপরের দিকে ক্রিয়া করে।

এক্ষেত্রে, $R = mg\cos\theta$

ঘর্ষণ বল, $F_s = \mu_s R = \mu_s mg\cos\theta$ যা পূর্বের সমান এবং ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ, $W_2 = W_1 = -3.819$ J

বস্তুটি A বিন্দু থেকে নিচে পড়তে থাকলে A বস্তুর বিভব শক্তির কিছুটা ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে ব্যয় হবে। বাকিটা B বিন্দুতে গতিশক্তি হিসেবে থাকবে।



অর্থাৎ, A বিন্দুতে বিভব শক্তি = ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ + B বিন্দুতে গতিশক্তি দ্বারা কৃতকাজ

বা, $mgh = |W_1| + E_k$
বা, $mgh - |W_1| = E_k$
বা, $0.3 \times 9.8 \times 5 - |-3.819| = E_k$
$\therefore E_k = 14.7 - 3.819 = 10.881$ J
∴ ভ্রমণের শেষে বস্তুর গতিশক্তি 10.881 J হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪২ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১

একটি পানিপূর্ণ কূপের গভীরতা 20 m ও ব্যাস 1.75 m। 70% কর্মদক্ষতার একটি পাম্প কুয়াটিকে 20 min এ খালি করতে পারে।

ক. অসংরক্ষণশীল বলের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 20 Nm^{-1} বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পাম্পের অশ্বক্ষমতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি কুয়াটি অর্ধপূর্ণ থাকে তবে উদ্দীপকে উল্লেখিত সময়ের অর্ধেক সময়ে কুয়াটি খালি করা যাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

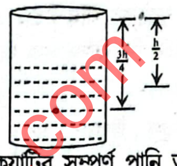
৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি বস্তু একটি পূর্ণচক্র সম্পন্ন করে তার পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে বস্তুটির উপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না, সে বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

খ একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 20 Nm^{-1} বলতে বুঝায় যে, সাম্যাবস্থান থেকে স্প্রিংটির মুক্ত প্রান্তের 1 m সরণ ঘটানো হলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে 20 N প্রত্যয়নী বল উদ্ভূত হয়। অর্থাৎ ঐ অবস্থা বজায় রাখতে হলে বাইরে থেকে 20 N বল স্প্রিং এর সরণের দিকে বা সাম্যাবস্থানের বিপরীতে প্রয়োগ করতে হবে।

গ 8(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** পাম্পটির অশ্ব ক্ষমতা 7.519 H.P.।

ঘ



অর্ধপূর্ণ কুয়াটির সম্পূর্ণ পানি অপসারণে ভারকেন্দ্রের সরণ হবে, $\left(\frac{h}{2} + \frac{h}{4}\right) = \frac{3h}{4}$

পানির ভর,

$$m = \rho V$$
$$= \rho\left\{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 h\right\}$$
$$= 1000 \times 3.14\left(\frac{1.75}{2}\right)^2 \times 20$$
$$= 48081.25 \text{ kg}$$

এখানে,
কূয়ার গভীরতা,
$h = 20$ m
ব্যাস, $D = 1.75$ m
পাম্পের কর্মদক্ষতা,
$\eta = 70\%$
'গ' থেকে প্রাপ্ত পাম্পের ক্ষমতা,
$P = 7.519$ HP
$= 5609.83$ W
কার্যকর ক্ষমতা,
$W = 70\% P = 0.7 P$
পানির ঘনত্ব,
$\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

আমরা জানি, ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t}$

সুতরাং উক্ত পাম্পের ক্ষেত্রে—

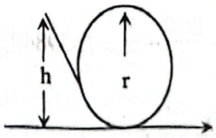
$$0.7P = \frac{\left(\frac{m}{2}\right) \times g \times \frac{3h}{4}}{t}$$

$$\text{বা, } t = \frac{\left(\frac{m}{2}\right) \times g \times \frac{3h}{4}}{0.7P}$$

$$\text{বা, } t = \frac{\left(\frac{48081.25}{2}\right) \times 9.8 \times \frac{3 \times 20}{4}}{0.7 \times 5609.83} = 899.94 \text{ sec} \cong 15 \text{ min}$$

অতএব, অর্ধপূর্ণ কুয়াটিকে খালি করতে পাম্পটির 15 min সময় লাগবে। উদ্দীপকে উল্লেখিত সময়ের অর্ধেক সময় $= \frac{20 \text{ min}}{2} = 10$ min, যা 15 min থেকে কম। তাই যদি কুয়াটি অর্ধপূর্ণ থাকে তবে উদ্দীপকে উল্লেখিত সময়ের অর্ধেক সময়ে কুয়াটি খালি করা যাবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৩ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪



একটি শিশুপার্কে স্লাইডের দুটি অংশ রয়েছে। ১ম অংশে স্লিপারের উচ্চতা 'h' এবং ২য় অংশের স্লাইডের বৃত্তের ব্যাসার্ধ 'r'। একটি m ভরের বল স্লাইডের শীর্ষ থেকে পড়া শুরু করলো।

ক. স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি কী? ১

খ. ক্ষমতা, টর্ক ও কৌণিক বেগের মধ্যকার সম্পর্ক বিশ্লেষণ করো। ২

গ. যদি h = 10 m হয় তবে বলটি বৃত্তাকার পথ স্পর্শ করার আগে কতটুকু কাজ করবে? ৩

ঘ. যদি h, r এর কমপক্ষে 2.5 গুণ হয় তবে বলটি কি বৃত্তাকার পথে সম্পূর্ণ লুপ অতিক্রম করতে পারবে? তোমার মতামত দাও। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক বলের বিরুদ্ধে কাজ করে বস্তুর বিকৃতি ঘটানো হলে বস্তু কাজ করার যে সামর্থ্য অর্জন করে তাই স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি।

খ আমরা জানি, v বেগে চলমান কোনো বস্তুর ওপর F ধ্রুব বল কাজ করলে ক্ষমতা, $P = Fv$।

বস্তুটি বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান হলে, $v = \omega r$ যেখানে, ω = কৌণিক বেগ এবং r = ব্যাসার্ধ।

সুতরাং $P = F \times \omega r$

বা, $P = rF \times \omega$

$= \tau\omega$ [কারণ, $\tau = rF$]

সুতরাং $P = \tau\omega$

অর্থাৎ, ক্ষমতা হলো টর্ক ও কৌণিক বেগের গুণফলের সমান।

গ আমরা পাই,

কৃতকাজ = বিভবশক্তি

$= mgh$

$= m \times 9.8 \times 10$

$= 98m$ J

এখানে,
বস্তুর ভর = m
উচ্চতা, h = 10 m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

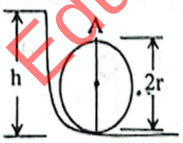
সুতরাং, বলটি বৃত্তাকার পথ স্পর্শ করার আগে 98m J কাজ করবে। **(Ans.)**

ঘ

লুপ সম্পন্ন করার জন্য, বলের গতি লুপের সর্বোচ্চ বিন্দুতে এমন হতে হবে যাতে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বজায় থাকে।

এখানে
বলের ভর, m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

সুতরাং লুপের শীর্ষবিন্দুতে,



$$\frac{mv^2}{r} \geq mg$$

বা, $v^2 \geq rg$

এখন, প্রারম্ভিক বিভবশক্তি = শীর্ষবিন্দু A তে বিভবশক্তি + গতিশক্তি

বা, $mgh = mg \times 2r + \frac{1}{2}mv^2$

বা, $gh = 2gr + \frac{1}{2}v^2$

বা, $gh \geq 2gr + \frac{1}{2} \times rg$ [যেহেতু $v^2 \geq rg$]

বা, $h = 2r + 0.5r$

বা, $h = 2.5r$

সুতরাং যদি h, r এর কমপক্ষে 2.5 গুণ হয় তবে বলটি বৃত্তাকার পথে সম্পূর্ণ লুপ অতিক্রম করতে পারবে।

প্রশ্ন ▶৪৪ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৩

করিমের বাড়িতে 12 m গভীর ও 1.8 m ব্যাসের একটি পানিপূর্ণ কূপ 20 মিনিটে খালি করার জন্য একটি পাম্প চালু করা হলো। কিন্তু দেখা গেল পানিশূন্য করতে পাম্পটির 21 মিনিট সময় লেগে গেল। করিম হিসাব করে দেখল যথাসময়ে কূপটিকে পানি শূন্য করতে 2 HP ক্ষমতার ইঞ্জিন প্রয়োজন।

ক. ভূস্থির উপগ্রহ কী? ১

খ. অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 50 gm ভরের একটি বস্তুকে কূপের মুখে ছেড়ে দিলে পানিশূন্য অবস্থায় কূপের তলায় পৌঁছাতে বস্তুটির কত সময় লাগবে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. করিমের হিসাবের যথার্থতা যাচাই কর। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল পৃথিবীর আহ্নিক গতির সমান বা, 24 ঘণ্টা এবং পৃথিবীর আবর্তনের সাথে একই ক্রমে আবর্তিত হয়, তাই ভূস্থির উপগ্রহ।

খ ধরা যাক, একটি বস্তুকে v_0 বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। বস্তুটি সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে আসতে প্রয়োজনীয় সময়, $T = \frac{2v_0}{g}$

সুতরাং T সময় পর বস্তুর বেগ, $v = v_0 - g\frac{2v_0}{g} = -v_0$

নিক্ষেপের সময় বস্তুর গতিশক্তি $\frac{1}{2}mv_0^2$ এবং সর্বোচ্চ উচ্চতায় পৌঁছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে এলে গতিশক্তি $\frac{1}{2}m(-v_0)^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$। কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ

$$W = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = 0$$

যেহেতু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে প্রাথমিক অবস্থানে ফিরে আসায় অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য তাই অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

গ আমরা জানি,

$h = ut + \frac{1}{2}gt^2$

বা, $12 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

বা, $t^2 = 2.45$

বা, $t = 1.56$ s

অর্থাৎ, কূপের তলায় পৌঁছাতে বস্তুটির 1.56 s সময় লাগবে। **(Ans.)**

এখানে,
উচ্চতা, h = 12m
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$
আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$
ধরি, সময় = t

ঘ

পানির ভর,

$m = \rho V = \rho\pi r^2 d$

পানি তুলতে প্রয়োজনীয় সময় t হলে,

$P = \frac{mgh}{t}$

বা, $t = \frac{mgh}{P}$

$= \frac{\rho\pi r^2 dgh}{P}$

$= \frac{1000 \times 3.14 \times (0.9)^2 \times 12 \times 9.8 \times 6}{1492}$

$= 1202.8$ sec

≈ 20 min

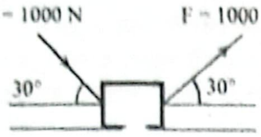
সুতরাং করিমের হিসাবটি যথার্থ।

এখানে,
কূপের গভীরতা,
d = 12 m
ব্যাস, D = 1.8 m
∴ ব্যাসার্ধ,
$r = \frac{D}{2} = \frac{1.8}{2} = 0.9$ m
পানির ঘনত্ব,
$\rho = 1000\ kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$
পানির ভরকেন্দ্রের সরণ,
$h = \frac{d}{2} = \frac{12}{2} = 6$ m
পাম্পের ক্ষমতা,
P = 2HP
= 2 × 746
= 1492 W

প্রশ্ন ▶৪৫ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৪

একটি 100 kg ভরের ব্লককে চিত্রের ন্যায় প্রথমে টানা এবং পরে ঠেলা হচ্ছে। ঘর্ষণ গুণাংকের মান 0.2। বস্তুটিকে এর পূর্বে অনুভূমিক ভাবে একই বলে টানা হচ্ছিল এবং 2 sec পর গতিশক্তি নির্ণয় করা হয়েছিল। ($g = 10\ ms^{-2}$)

◀ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে



ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১

খ. সমতল রাস্তায় গাড়ির বাঁক নেওয়া ব্যাখ্যা করো। ২

গ. অনুভূমিকভাবে সরানোর ক্ষেত্রে উক্ত সময় পর গতিশক্তি কত? ৩

ঘ. চিত্রের ন্যায় পর্যায়ক্রমে নির্দিষ্ট কোণে টানা ও ঠেলার ক্ষেত্রে ত্বরণের তুলনামূলক বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ি বৃত্তাকার পথে চলে। বৃত্তাকার পথে চললে কেন্দ্রবিমুখী বল, $F_c = \frac{mv^2}{r}$

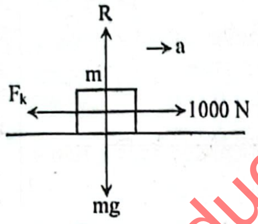
সমতল রাস্তায় শুধুমাত্র গাড়ির চাকা এবং রাস্তার মধ্যে ঘর্ষণ বল কেন্দ্রমুখী বল হিসেবে কাজ করে। ঘর্ষণ বল, $F_f = \mu mg$

এখানে, m = গাড়ির ভর,
μ = রাস্তা ও চাকার ঘর্ষণ সহগ,
g = অভিকর্ষজ ত্বরণ,
r = বাঁকের ব্যাসার্ধ।

অর্থাৎ, নিরাপদে সর্বোচ্চ গতিতে বাঁক নিতে হলে,

$$\frac{mv^2_{max}}{r} = \mu mg \text{ বা, } v_{max} = \sqrt{\mu gr}$$

গ

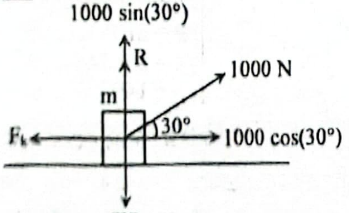


এখানে, $R = mg$ ……… (i)
এবং $1000 - F_k = ma$
বা, $1000 - \mu_k R = ma$ [$\because F_k = \mu_k R$]
বা, $1000 - \mu_k mg = ma$ [(i) হতে]
বা, $a = \frac{1000 - \mu_k mg}{m}$
বা, $a = \frac{1000 - 0.2 \times 100 \times 10}{100}$
বা, $a = \frac{800}{100}\ ms^{-2}$
$\therefore a = 8\ ms^{-2}$

এখানে,
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_k = 0.2$
ভর, $m = 100\ kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 10\ ms^{-2}$

$\therefore$ 2 sec পর বেগ,
$v = u + at = 0 + 8 \times 2 = 16\ ms^{-1}$
$\therefore$ 2 sec পর গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times (16)^2 = 12{,}800\ J$ **(Ans.)**

ঘ টানার ক্ষেত্রে,

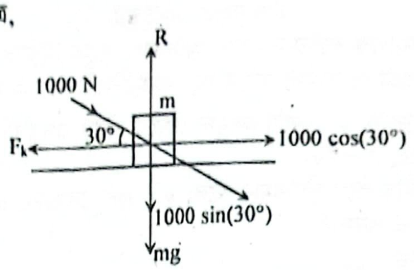


এখানে,
ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_k = 0.2$
ভর, $m = 100\ kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 10\ ms^{-2}$

এখানে, $\uparrow F_y = 0$ বা, $R + 1000 \sin(30°) = mg$ ……… (i)
$\rightarrow F_x = ma = 1000 \cos(30°) - F_k$ ……… (ii)
আমরা জানি, $F_k = \mu_k R$, যেখানে, μ_k গতীয় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক।

(i) হতে, $R = mg - 1000 \sin(30°)$
$\therefore$ (ii) হতে পাই, $ma = 1000 \cos(30°) - \mu_k R$
বা, $ma = 1000 \cos(30°) - \mu_k (mg - 1000 \sin(30°))$
বা, $a = \frac{1000 \cos(30°) - \mu_k (mg - 1000 \sin(30°))}{m}$
বা, $a = \frac{1000 \cos(30°) - 0.2 (100 \times 10 - 1000 \sin(30°))}{100}$
$\therefore a = 7.66\ ms^{-2}$

ঠেলার ক্ষেত্রে,

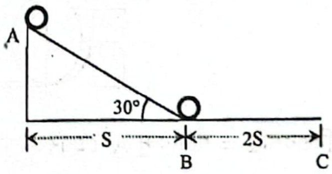


এখানে, $\uparrow F_y = 0$
বা, $R = 1000 \sin(30°) + mg$
$\rightarrow F_x = ma' = 1000 \cos(30°) - F_k$
বা, $ma' = 1000 \cos(30°) - \mu_k R$
বা, $a' = \frac{1000 \cos(30°) - \mu_k R}{m}$
বা, $a' = \frac{1000 \cos(30°) - \mu_k (1000 \sin(30°) + mg)}{m}$
বা, $a' = \frac{1000 \cos(30°) - 0.2 (1000 \sin(30°) + 100 \times 10)}{100}$
$\therefore a' = 5.66\ ms^{-2} < a$

অর্থাৎ, নির্দিষ্ট কোণে টানা ও ঠেলার ক্ষেত্রে টানার সময় ত্বরণ $(7.66 - 5.66) = 2\ ms^{-2}$ বেশি থাকে।

প্রশ্ন ▸ ৪৬ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

দুটি নিরেট গোলকের প্রতিটির ব্যাসার্ধ্য 10 cm এবং ভর 1.8 kg। ১ম টি A বিন্দু হতে গড়িয়ে AB ঢালু পথে B অবস্থানে স্থির থাকা দ্বিতীয় গোলকের সাথে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ঘটায় এবং দ্বিতীয় গোলকটি গড়িয়ে চলে C বিন্দুতে পৌঁছে থেমে যায়। $S = 10\ m$ এবং $g = 10\ ms^{-2}$।



◂ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়

ক. আর্গ কাকে বলে? ১

খ. একটি স্প্রিং এর সংকোচন ও প্রসারণের ক্ষেত্রে বল বনাম সরণ এর লেখচিত্র অংকন কর। ২

গ. AB পথে ঘর্ষণ বল দ্বারা কাজ নির্ণয় কর। ৩

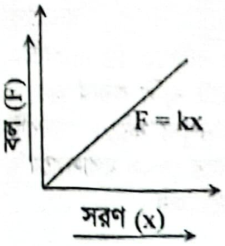
ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় গোলকের উপর ক্রিয়াশীল টর্কের মানের তুলনা কর। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

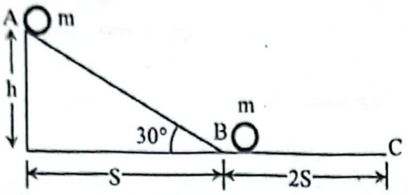
ক CGS পদ্ধতিতে শক্তির একককে আর্গ বলে।

খ একটি স্প্রিং এর সংকোচন ও প্রসারণের ক্ষেত্রে বল বনাম সরণ এর লেখ নিম্নে দেখানো হলো:

আমরা জানি, $F = kx$
এখানে, প্রয়োগকৃত বল = F
সম্প্রসারণ/সংকোচন = x
স্প্রিং ধ্রুবক = k



গ



মনে করি, স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের পর B অবস্থানের গোলকটি v বেগ প্রাপ্ত হয়ে C অবস্থানে গিয়ে থেমে যায়।

AB পথে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ = W_f

এখন, $mgh + w_f = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$

$= f.2s$

এখানে, f = ঘর্ষণ বল

এখানে,
ভর, m = 1.8 kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 10 \text{ ms}^{-2}$
দূরত্ব, s = 10 m

$$w_f = -f \times AB = -f \times \frac{S}{\cos(30°)} = -f \times \frac{10}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = -11.55 f$$

অর্থাৎ, $mgh - 11.55f = f{\cdot}2s$

বা, $mgs \tan 30° - 11.55f = f.2 \times 10$

বা, $mg \times 10 \tan(30°) - 11.55f = f \times 2 \times 10$

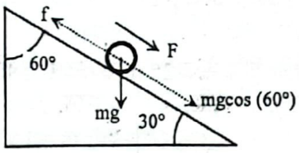
বা, $1.8 \times 10 \times 10 \tan(30°) - 11.55f = 20f$

$\therefore f \approx 3.3 \text{ N}$

$\therefore w_f = -11.55 f = -11.55 \times 3.3 \text{ N} \approx -38 \text{ N}$

অর্থাৎ, AB পথে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ – 38 N. **(Ams.)**

ঘ



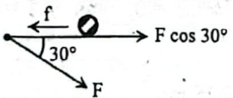
$mg\cos(60°) - f = F$

বা, $F = 1.8 \times 10 \times \cos(60°) - 3.3$

$\therefore F = 5.7 \text{ N}$

১ম গোলকের ক্ষেত্রে টর্ক, $\tau_1 = F.r$
$= 5.7 \times 0.1$
$= 0.57 \text{ Nm}$

এখানে,
ভর, m = 1.8 kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 10 \text{ ms}^{-2}$
ঘর্ষণ বল, f = 3.3 N
('গ' হতে)
ব্যাসার্ধ, r = 10 cm = 0.1 m
দূরত্ব, s = 10 m



দ্বিতীয় গোলকের ক্ষেত্রে,

$\tau_2 = \{F\cos(30°) - f\} \times r \; \{5.7\cos(30°) - 3.3\} \times 0.1$
$= 0.164 \text{ Nm}$

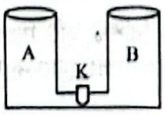
অর্থাৎ, $\tau_1 > \tau_2$

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{0.57}{0.164} = 3.47$$

সুতরাং, প্রথম গোলকের উপর ক্রিয়াশীল টর্ক দ্বিতীয় গোলকের 3.73 গুণ।

প্রশ্ন ▸ ৪৭ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮

চিত্রের A ও B কুয়া দুইটি পানি পূর্ণ এবং এদের সংযোগ চাবি (K) বন্ধ অবস্থায় আছে। দুটি পাম্প পৃথকভাবে কুয়া দুটিকে একই সময়ে (20 min) খালি করতে পারে। পাম্প দুটি একত্রে চলার 10 min পর A কুয়ার পাম্পটি নষ্ট হয়ে যাওয়ায় কুয়া দুটির সংযোগ চাবি খুলে দিয়ে B কুয়ার পাম্প দ্বারা কুয়া দুটির অবশিষ্ট অংশ খালি করা হয়। কুয়া দুটির গভীরতা 10 m এবং এদের ব্যাস যথাক্রমে 3 m ও 5 m। A কুয়ার পাম্পের কর্মদক্ষতা 80%।



ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১

খ. স্প্রিং এর ভর বনাম প্রসারণ লেখচিত্র থেকে কিভাবে বিভব শক্তি পাওয়া যায়? ব্যাখ্যা কর। ২

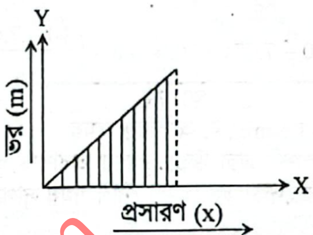
গ. A কুয়ার পাম্পটির অশ্বক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. B কুয়ার পাম্প দ্বারা উভয় কুয়ার অবশিষ্ট অংশ খালি করতে পূর্বের প্রদত্ত সময় অপেক্ষা বেশি সময় লাগবে। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

খ স্প্রিং এর ভর বনাম প্রসারণ লেখচিত্র:



এখানে, ক্ষেত্রফল, $= \frac{1}{2} \times m \times x$

ক্ষেত্রফলের সাথে অভিকর্ষজ ত্বরণ, g গুণ করে পাই,

$\frac{1}{2} \times m \times x \times g$

$= \frac{1}{2} \times \frac{mg}{x} \times x^2$

$= \frac{1}{2} \times k \times x^2 \; [\because k = \frac{mg}{x}]$, যা স্প্রিং এর বিভবশক্তিকে নির্দেশ করে।

অর্থাৎ, স্প্রিং-এর ভর বনাম প্রসারণ লেখচিত্রের ক্ষেত্রফলের সাথে অভিকর্ষজ ত্বরণ গুণ করে বিভবশক্তি পাওয়া যায়।

গ ৪ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4.8364 HP।

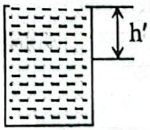
ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত,

A কুয়ার পাম্পের ক্ষমতা, = 4.8364 HP

$\therefore$ A কুয়ার পাম্পের কার্যকর ক্ষমতা = 4.8364 × 0.8 HP
= 3.8691 HP
= (3.8691 × 746) = 2886.36 W

মনে করি, t সময়ে A কুয়ার পাম্প কুয়াটির h′ অংশ খালি করতে পারবে।

গড় সরণ, $h = \frac{h'}{2}$



আমরা জানি,

$$P_A = \frac{mgh}{t}$$

বা, $P_A = \dfrac{\pi r^2 h' \rho g \frac{h'}{2}}{t}$

বা, $h'^2 = \dfrac{2P_A t}{\pi r_A^2 \rho g}$

$h' = \sqrt{\dfrac{2P_A t}{\pi r_A^2 \rho g}}$

$= \sqrt{\dfrac{2 \times 2886.36 \times 600}{\pi \times (1.5)^2 \times 10^3 \times 9.8}}$

$\therefore h' = 7.07 \text{ m}$

এখানে,
কার্যকর ক্ষমতা, P_A
= 2886.36 W
সময়, t = 10 min
= (10 × 60) = 600 sec
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r_A = \frac{3}{2}$ m
= 1.5 m
পানির ঘনত্ব, $\rho = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

B কুয়ার পাম্পের ক্ষমতা—

$$P_B = \frac{mgh}{t} = \frac{\pi r_B^2 H.\rho.g.h}{t} = \frac{\pi \times (2.5)^2 \times 10 \times 10^3 \times 9.8 \times 5}{1200} = 80717.6\ W$$

এখানে,
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r_B = \frac{5}{2}\ m = 2.5\ m$
কুয়ার গভীরতা, $H = 10\ m$
গড়সরণ, $h = \frac{H}{2} = \frac{10}{2} = 5\ m$
সময়, $t = 20\ min = (20 \times 60) = 1200\ sec$

এখন, A কুয়ার বাকি অংশ B কুয়ার পাম্পের খালি করতে t সময় লাগলে,

$$t = \frac{\pi r_A^2 . (H - h') . \rho . g . \left(\frac{H - h'}{2} + h'\right)}{P_B}$$

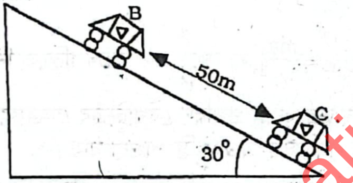
$$= \frac{\pi \times (1.5)^2 \times (10 - 7.07) \times 10^3 \times 9.8 \times \left(\frac{10 - 7.07}{2} + 7.07\right)}{8017.6}$$

$= 216.065\ sec \approx 3.6\ min$, যা অতিরিক্ত সময়

অর্থাৎ, B কুয়ার পাম্প দ্বারা উভয় কুয়ার অবশিষ্ট অংশ খালি করতে পূর্বের প্রদত্ত সময় অপেক্ষা 3.6 মিনিট বেশি সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৮ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২

আরিফ একটি বন্দুককে গুলি ছোড়ার জন্য এর ভিতরের স্প্রিংকে 4 cm সংকুচিত করে ছেড়ে দিলে এটি সাম্যবস্থায় ফিরে যায় এবং গুলিটি সামনে রাখা একটি কাঠের বাক্সে 3 cm প্রবেশ করে থেমে যায়।
শফিক 1500 kg ভরের একটি গাড়ি পাহাড়ী রাস্তায় 25 ms^{-1} বেগে চালাচ্ছিলো। 50 m সামনে একটি গাছ দেখে ব্রেক কষে গাড়িটি গাছের ঠিক সামনে থামিয়ে দেয়।



ক. স্থানিক পর্যায়বৃত্তি কাকে বলে? ১
খ. সরল দোলকের কম্পাংক এর উচ্চতার উপর নির্ভর করে।— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত বন্দুকের স্প্রিংটিকে দ্বিগুণ পরিমাণ সংকুচিত করলে গুলিটি কাঠের ব্লকে বর্তমান দূরত্বের কতগুণ ভেদ করতে পারবে নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত গাড়িটি পাহাড়ী রাস্তার B ও C বিন্দুতে (চিত্র) শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো রাশি বা ফাংশনের পুনরাবৃত্তি স্থানের সাপেক্ষে হয়, তখন তাকে স্থানিক পর্যায়বৃত্তি বলে।

খ কোনো সরল দোলকের কম্পাংক, $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$; এখানে, কম্পাংক, (f) অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের সমানুপাতিক। আবার অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{(R + h)^2}$ যেখানে h হলো ভূপৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা। তাই উচ্চতা h এর পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন হয়। আবার অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন হলে সরলদোলকের কম্পাংকও পরিবর্তিত হয়। তাই বলা যায়, সরলদোলকের কম্পাংক এর উচ্চতার উপর নির্ভর করে।

গ

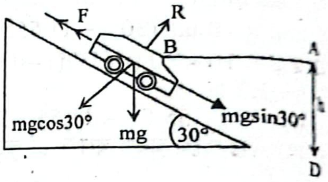
স্প্রিংটি সংকুচিত করলে এর মধ্যে সঞ্চিতশক্তি, $U = \frac{1}{2}kx_1^2$ হয়। এটি সাম্যাবস্থানে আসলে গুলির মধ্যে গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

এখানে,
১ম ক্ষেত্রে,
স্প্রিং এর সরণ,
$x_1 = 4\ cm$
কাঠের ভিতরে গুলিটির সরণ,
$S_1 = 3cm$
স্প্রিং ধ্রুবক, k
গুলির বেগ, u

সুতরাং $\frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}mu^2$
বা, $u \propto x$
১ম ক্ষেত্রে,
কাঠের ভিতর গুলির মন্দন a হলে,
$v^2 = u^2 - 2as_1$
বা, $a = \frac{u^2}{2s_1}$ [শেষবেগ, $v = 0$]
আবার, স্প্রিংটি দ্বিগুণ সংকুচিত করলে
বেগ, $u' = 2u$ হবে [$\because u \propto x$]
সুতরাং এক্ষেত্রে কাঠের ভিতর গুলির সরণ s_2 হলে,
$v^2 = u'^2 - 2as_2$
বা, $2as_2 = (2u)^2$
বা, $2 \times \frac{u^2}{2s_1} \times s_2 = 4u^2$
বা, $s_2 = 4s_1 = 4 \times 3 = 12\ cm$
সুতরাং উদ্দীপকে উল্লেখিত বন্দুকের স্প্রিংটিকে দ্বিগুণ পরিমাণ সংকুচিত করলে গুলিটি কাঠের ব্লকে বর্তমান দূরত্বের চারগুণ ভেদ করতে পারবে **(Ans.)**

ঘ

ধরি, গাড়িটি B বিন্দু থেকে 50 m দূরত্ব অতিক্রম করে C বিন্দুতে থেমে যায়। তাহলে B হতে C বিন্দুর উল্লম্ব দূরত্ব AC = h হলে,



$\sin 30° = \frac{h}{BC}$
বা, $h = 50\sin 30°$ [$BC = 50m$]
$= 25\ m$
∴ B বিন্দুতে গাড়িটি ভূমি হতে 25 m উচ্চতায় অবস্থিত।

B বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি,
$E_B = E_P + E_k$
$= mgh + \frac{1}{2}mv_B^2$
$= 1500 \times 9.8 \times 25 + \frac{1}{2} \times 1500 \times (25)^2$
$= 836250\ J$

এখানে,
ভর, $m = 1500\ kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
সরণ, $BC = s = 50\ m$
B বিন্দুতে বেগ, $v_B = 25\ ms^{-1}$
C বিন্দুতে বেগ, $v_C = 0\ ms^{-1}$
কোণ, $\theta = 30°$
ত্বরণ = a

C বিন্দুতে গাড়িটির বেগ $v_c = 0$, গতিশক্তি = 0, বিভব শক্তি = 0
$v_C^2 = v_B^2 + 2as$
বা, $a = \frac{v_C{}^2 - v_B{}^2}{2s} = \frac{0^2 - 25^2}{2 \times 50} = -6.25\ ms^{-2}$
$\Sigma F = ma$
বা, $mg\sin 30° - F = ma$
বা, $F = mg\sin 30° - ma = 1500 \times 9.8 \times \sin 30° - 1500 \times (-6.25$
$= 16725\ N$
ব্রেকিং বলের বিরুদ্ধে শক্তির রূপান্তর,
$W_1 = F \times S = 16725 \times 50 = 836250\ J$
সুতরাং মোট শক্তি, $W = W_1 + E_P + E_k = W_1 + 0 + 0 = 836250\ J$
দেখা যাচ্ছে, $E_B = W$
অর্থাৎ, উদ্দীপকে উল্লেখিত গাড়িটি পাহাড়ী রাস্তার B ও C বিন্দুতে শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 20 m এবং ব্যাস 2 m। কুয়াটিকে করতে 5 HP ক্ষমতার একটি পাম্প ব্যবহার করা হলো। কুয়াটির $\frac{1}{4}$ অংশ খালি হওয়ার পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেল।

ক. অসহ পীড়ন কী? ১
খ. একই স্প্রিং ধ্রুবক বিশিষ্ট দুটি স্প্রিংকে শ্রেণি এবং সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে স্প্রিং ধ্রুবকের কি পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কত সময় পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেল? ৩

ঘ. একই ক্ষমতা সম্পন্ন আরও একটি পাম্প ব্যবহার করলে 1 ঘণ্টায় কুয়াটি খালি করতে পারবে কিনা- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভার বা অসহ ওজনই হলো অসহ পীড়ন।

খ একই স্প্রিং ধ্রুবক k বিশিষ্ট দুটি স্প্রিংকে শ্রেণিতে যুক্ত করায়, তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক k_s হলে, $\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k} + \frac{1}{k} = \frac{2}{k}$ বা, $k_s = \frac{k}{2}$ ফলে স্প্রিং ধ্রুবক পূর্বের অর্ধেক হয়। আবার, দুটি স্প্রিংকে সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য স্প্রিংধ্রুবক, $k_p = k + k = 2k$। অর্থাৎ স্প্রিং ধ্রুবক পূর্বের তুলনায় দ্বিগুন হয়। এখন, $\frac{k_p}{k_s} = \frac{2k}{\frac{k}{2}} = 4$ বা, $k_p = 4k_s$। অর্থাৎ সমান্তরালে একই স্প্রিং ধ্রুবক k বিশিষ্ট দুটি স্প্রিং এর তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক, শ্রেণিতে যুক্ত করলে প্রাপ্ত স্প্রিং ধ্রুবকের 4 গুণ হবে।

গ ২৮(গ) নং সৃজনশীর প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 103.176 s।

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** একই ক্ষমতার আরেকটি পাম্প ব্যবহার করলে কুয়াটি খালি করতে 25.8min সময় লাগে যা 1 ঘন্টার কম। তাই 1 ঘন্টার কম সময়ে কুয়াটি খালি করতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৫০ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 20 m এবং ব্যাসার্ধ 1.5 m। কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে 5 H.P. ক্ষমতার একটি পাম্প ব্যবহার করা হলো। কুয়ার এক চতুর্থাংশ পানি তোলার পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে যায়। বাকী পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতার আর একটি পাম্প লাগানো হলো।

ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১

খ. বৃত্তাকার পথে কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ১ম ও ২য় পাম্পের ক্ষেত্রে পানি তুলতে একই সময় লাগবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

খ বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত বস্তুর ওপর কেন্দ্রমুখী বল ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে যে কোনো মুহূর্তে কেন্দ্রমুখী বলের ($\vec{F_c}$) দিক বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর, কিন্তু প্রতিটি ক্ষুদ্র সময়ে বস্তুর ক্ষুদ্র সরণ ($\vec{ds}$) হয় বৃত্তের স্পর্শক বরাবর। ফলে $\vec{F_c}$ ও $\vec{ds}$ এর মধ্যকার কোণ, $\theta = 90°$। সুতরাং কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = \vec{F_c}.\vec{ds} = F_c \times ds \cos 90° = 0$। অর্থাৎ, কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না।

গ আমরা জানি,

$$W = mgh$$

$$= \frac{1}{4} \times \rho \times \pi r^2 H \times g \times h$$

$$= \frac{1}{4} \times 10^3 \times \pi \times (1.5)^2 \times 20 \times 9.8 \times \frac{20}{8}$$

$$\therefore W = 8.659 \times 10^5 \text{ J}$$

অর্থাৎ, ১ম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ 8.659×10^5 J **(Ans.)**

এখানে,

কুয়ার গভীরতা, H = 20 m

কুয়ার ব্যাসার্ধ, r = 1.5m

পানির ঘনত্ব, $\rho = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

গড় সরণ, $h = \frac{H/4}{2} = \frac{H}{8} = \frac{20}{8}\text{m}$

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত, ১ম পাম্পের কৃতকাজ, $W = 8.659 \times 10^5$ J

আমরা জানি,

$$p = \frac{W}{t_1}$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{W}{p}$$

$$= \frac{8.659 \times 10^5}{3730}$$

$$\therefore t_1 = 232 \text{ sec}$$

এখানে,

১ম পাম্পের ক্ষমতা, P = 5 HP

= 5 × 746 W

= 3730 W

প্রয়োজনীয় সময়, t_1 = ?

২য় পাম্পের ক্ষেত্রে,

$$p = \frac{mgh}{t^2}$$

$$\text{বা, } t_2 = \frac{mgh}{p}$$

$$= \frac{\frac{3}{4} \times \rho \times \pi r^2 H \times g \times h}{p}$$

$$= \frac{\frac{3}{4} \times 10^3 \times \pi \times (1.5)^2 \times 20 \times 9.8 \times \frac{25}{2}}{3730}$$

$$\therefore t_2 = 3482 \text{ sec}$$

এখানে, $t_2 > t_1$

অর্থাৎ, ১ম ও ২য় পাম্পের ক্ষেত্রে পানি তুলতে একই সময় লাগবে না।

এখানে,

২য় পাম্পের ক্ষমতা = ?

১ম পাম্পের ক্ষমতা, p = 3730 W

কুয়ার গভীরতা, H = 20 m

গড় সরণ, $h = \frac{\frac{3H}{4}}{2} + \frac{H}{4}$

$= \frac{3H}{8} + \frac{H}{4}$

$= \frac{5H}{8} = \frac{5 \times 20}{8} = \frac{25}{2}\text{m}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

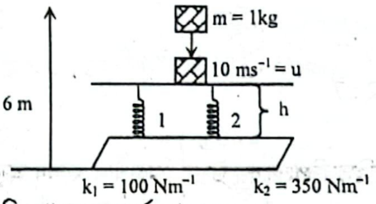
পানির ঘনত্ব, $\rho = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$

কুয়ার ব্যাসার্ধ, r = 1.5 m

প্রয়োজনীয় সময়, t_2 = ?

প্রশ্ন ▶ ৫১ ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ২

1 ও 2 নং স্প্রিং সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত। এদের নিচের প্রান্ত থেকে 6 m উচ্চতা হতে 1 kg ভরের একটি ব্লক স্প্রিংদ্বয়ের উপর 10 ms^{-1} বেগে পড়ল এবং স্প্রিংদ্বয় একই পরিমাণ সংকুচিত হলো।



ক. অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে? ১

খ. কোন বস্তুকে কোন সমতলে অনুভূমিক ও আনতভাবে টানলে অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া একই থাকে না— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত স্প্রিংদ্বয়ের উপর ক্রিয়াশীল বলের অনুপাত নির্ণয় কর। ৪

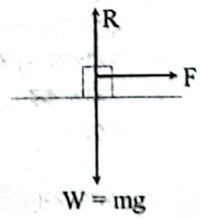
৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সংঘর্ষের আগে ও পরে সংঘর্ষকারী বস্তুগুলোর মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে না, তাকে অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

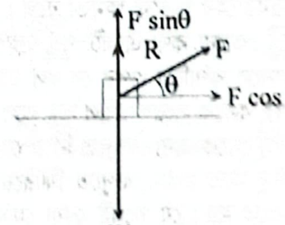
খ বস্তুকে কোন সমতলে আনুভূমিক ও আনতভাবে টানলে অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া একই থাকে না।

যখন আনুভূমিকভাবে টানা হয় তখন অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া, R বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

অর্থাৎ, R = W = mg

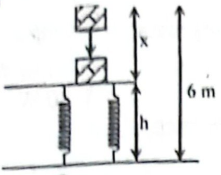


আবার, যখন θ কোণে আনতভাবে F বলে টানা হয় তখন বলের উলম্ব উপাংশ, Fsinθ এবং অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া বল, R উভয় ওজনের ভারসাম্য বজায় রাখে। এক্ষেত্রে, R + F sinθ = W



অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া বল, R = W – Fsinθ = mg – F sinθ যা অনুভূমিকভাবে বস্তুকে টানার ক্ষেত্রে অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া বল অপেক্ষা কম।

গ



এখানে,
ব্লকের উচ্চতা = 6 m
x m নামার পরে ব্লকের বেগ,
$v = 10 \text{ ms}^{-1}$
6 m উচ্চতায় ব্লকের বেগ,
$u = 0 \text{ ms}^{-1}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য, h = ?

আমরা জানি,
$v^2 = u^2 + 2gx$
বা, $v^2 = 0^2 + 2gx$
বা, $x = \frac{v^2}{2g} = \frac{10^2}{2 \times 9.8}$
$= 5.1 \text{ m}$

∴ স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য, $h = 6 - x = 6 - 5.1 = 0.9$ m **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,
স্প্রিং এর উপর ক্রিয়াশীল বল,
$F = kx$
প্রশ্নমতে, উভয় স্প্রিং একই পরিমাণ সংকুচিত হয়।
সংকোচনের পরিমাণ x হলে—
∴ 1 নং স্প্রিং এর উপর প্রযুক্ত বল, $F_1 = k_1x$ ..... (i)

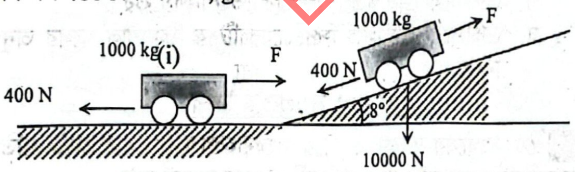
এখানে,
1 নং স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক,
$k_1 = 100 \text{ Nm}^{-1}$
2 নং স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক,
$k_2 = 350 \text{ Nm}^{-1}$
স্প্রিংদ্বয়ের উপর ক্রিয়াশীল বলের অনুপাত,
$F_1 : F_2 = ?$

∴ 2 নং স্প্রিং এর উপর প্রযুক্ত বল, $F_2 = k_2x$ ..... (ii)

(i) ÷ (ii) করে পাই—
$\frac{F_1}{F_2} = \frac{k_1x}{k_2x} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{100}{350}$
বা, $\frac{F_1}{F_2} = \frac{2}{7}$
∴ $F_1 : F_2 = 2 : 7$
অর্থাৎ,
উদ্দীপকে উল্লিখিত স্প্রিংদ্বয়ের উপর ক্রিয়াশীল বলের অনুপাত 2 : 7।

প্রশ্ন ▸ ৫২ ঢাকা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৮

উভয় ক্ষেত্রে গাড়িটি 10 ms^{-1} সমবেগে চলছে। মনে কর, উভয় ক্ষেত্রে ঘর্ষণ বল 400 N। এখানে, $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ ধর।



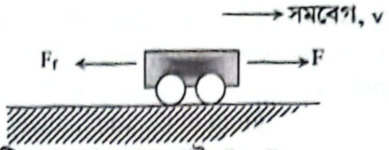
ক. ক্ষমতা কাকে বলে? ১
খ. সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক (i) অনুসারে গাড়িটির ক্ষমতা বের করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের (i) ও (ii) অনুসারে গাড়িটির ক্ষমতার অনুপাত বের করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাজ সম্পাদনকারী কোনো ব্যক্তি বা যন্ত্রের কাজ করার হার বা শক্তি সরবরাহের হারকে ক্ষমতা বলে।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে তার আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়, সেই বলকে সংরক্ষণশীল বল বলে। অর্থাৎ, সংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে নিয়ে যেতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয়, দ্বিতীয় বিন্দু হতে প্রথম বিন্দুতে ফিরিয়ে আনলে একই পরিমাণ ঋণাত্মক কাজ করতে হয়। যে পথেই নেয়া হোক না কেন কাজ সংরক্ষণশীল থাকে, এ কারণেই সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না।

গ



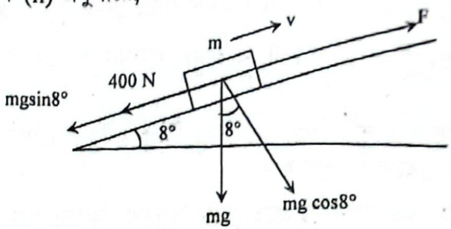
যেহেতু, গাড়িটি সমবেগে চলছে, তাই, $F_f = F$

আমরা জানি, ক্ষমতা, $P = Fv$
$= 400 \times 10$
$= 4000$
$= 4 \text{ kW}$

এখানে,
ঘর্ষণ বল, $F_f = F = 400$ N
সমবেগ, $v = 10 \text{ ms}^{-1}$

অর্থাৎ, উদ্দীপক (i) অনুসারে গাড়িটির ক্ষমতা 4 kW **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক (ii) অনুসারে,



যেহেতু, গাড়িটি v সমবেগে গতিশীল,
সেহেতু,
$F = (mg\sin 8° + 400)$
$= (1000 \times 10 \sin 8° + 400)$
$= 1791.73$ N

এখানে,
ভর, m = 1000 kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 10 \text{ ms}^{-2}$
সমবেগ, $v = 10 \text{ ms}^{-1}$

আমরা জানি,
$P_2 = Fv$
$= 1791{\cdot}73 \times 10 = 17917{\cdot}3$ W
উদ্দীপক (i) অনুসারে, ক্ষমতা, $P_1 = 4000$ W ('গ' হতে)
∴ $\frac{P_1}{P_2} = \frac{4000}{17917.3} = 0.2232$ (প্রায়)
অর্থাৎ, উদ্দীপকের (i) ও (ii) অনুসারে গাড়িটির ক্ষমতার অনুপাত 0.2232 (প্রায়)।

প্রশ্ন ▸ ৫৩ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 20 m এবং ব্যাস 2 m। কুয়াটিকে পানি শূন্য করার জন্য 5 HP ক্ষমতার একটি পাম্প লাগানো হলো। কুয়ার 1/4 অংশ পানি তোলার পর পাম্পটি বন্ধ হয়ে গেল। বাকি পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতা সম্পন্ন আর একটি পাম্প লাগানো হলো।

ক. ঋণাত্মক কাজ কী?
খ. বল ও সরণ শূন্য না হলেও কাজ শূন্য হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো।
গ. প্রথম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো।
ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে পানি তুলতে একই সময় লাগবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগের ফলে বলের বিপরীত দিকে বস্তুর সরণ ঘটলে বা বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকলে বল ও সরণের উপাংশের গুণফলই ঋণাত্মক কাজ।

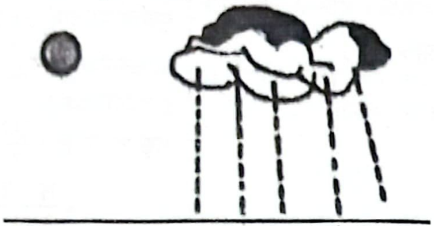
খ কাজ, $W = \vec{F} \cdot \vec{s} = Fs\cos\theta$
$F \neq 0, s \neq 0$ হওয়া সত্ত্বেও $W = 0$ হতে পারে যদি $\cos\theta = 0$
বা, $\theta = 90°$ হয়। সুতরাং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° হলে, বল প্রয়োগ করার পর সরণ ঘটলেও কাজের মান শূন্য হবে।

গ ৫০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.848×10^5 J।

ঘ ৫০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ১ম ক্ষেত্রে পানি তোলার সময়, $t_1 = 103.164$s ২য় ক্ষেত্রে পানির তোলার সময়, $t_2 =$ 1547.634s, $t_1 \neq t_2$। তাই, উভয় ক্ষেত্রে পানি তুলতে একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৪

2 mm ব্যাসার্ধের একটি বৃষ্টির ফোঁটা 250 m উচ্চতা থেকে মাটির উপর পড়ছে। অন্য দিকে পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে 1.5 km উপরে কিছু পরিমাণ মেঘ আছে। ঐ মেঘ বৃষ্টি রূপে নেমে এসে ভূ-পৃষ্ঠে 1×10^6 m^2 স্থানে 1 cm গভীরতার পানি সৃষ্টি করতে পারে।



ক. অশ্বক্ষমতা কাকে বলে? ১

খ. ক্রিকেট খেলার সময় বল ধরার ক্ষেত্রে একজন ফিল্ডার বল ধরার পর তার হাত পিছনে নিয়ে যায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বৃষ্টির ফোঁটার উপর অভিকর্ষীয় বল কতটা কাজ করবে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. পানি মেঘে পরিণত হতে 5×10^6 J এর বেশি কাজ সম্পন্ন করেছিল— উক্তিটির সত্যতা যাচাই কর। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ব্যক্তি বা যন্ত্র যদি প্রতি সেকেন্ডে 746 J পরিমাণ কাজ করতে পারে বা 746 J পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে পারে, তবে তার ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে।

খ F = ma সূত্রানুসারে, ত্বরণ কম হলে প্রযুক্ত বল কম হবে। বেগের পরিবর্তন ধ্রুব হলে, এই পরিবর্তনে যত বেশি সময় নেয়া হবে, ত্বরণের মান তত কম হবে। তাই ক্রিকেট খেলায় ক্যাচ ধরার সময় খেলোয়াড় হাতটাকে পিছনে টেনে নেয়, যাতে বেগের নির্দিষ্ট পরিবর্তনে (যেমন 5 ms^{-1} হতে 0 ms^{-1}) বেশি সময় লাগে। ফলে, ত্বরণ এবং প্রতিক্রিয়া বল কম মানের হয়।

গ আমরা জানি,

পানির ফোটার ভর,

$m = \rho V$

$= \rho \times \frac{4}{3}\pi r^3$

$= 1000 \times \frac{4}{3} \times \pi \times (2 \times 10^{-3})^3$

$= 3.351 \times 10^{-5}$ kg

এখানে,

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

বৃষ্টির ফোটার ব্যাসার্ধ,

$r = 2$ mm $= 2 \times 10^{-3}$ m

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}

সুতরাং অভিকর্ষ বল, $F = mg = 3.351 \times 10^{-5} \times 9.8$

$= 3.284 \times 10^{-4}$ N **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

পানির ভর, $m = V\rho = Ad\rho$

পানিকে মেঘে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় কাজ হলো পানিকে h উচ্চতায় উঠানোর বিভবশক্তির সমান,

সুতরাং, $W = mgh$

$= Ad\rho \times gh$

$= 1 \times 10^6 \times 0.01 \times 1000 \times 9.8 \times 1.5 \times 10^3$

$= 1.47 \times 10^{11}$ J যা, 5×10^6 J এর চেয়ে বেশি

এখানে,

ক্ষেত্রফল, $A = 1 \times 10^6$ m^2

গভীরতা, $d = 1$ cm $= 0.01$ m

উচ্চতা,

$h = 1.5$ km $= 1.5 \times 10^3$ m

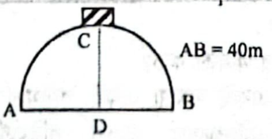
অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$g = 9.8$ ms^{-2}

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}

সুতরাং, পানি মেঘে পরিণত হতে 5×10^6 J এর বেশি কাজ সম্পন্ন করেছিল।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৭



চিত্রে D হলো মধ্যবিন্দু এবং CD লম্ব

চিত্রে অর্ধগোলক আকৃতির একটি ঘর্ষণবিহীন তলের উপর সর্বোচ্চ বিন্দুতে 2 kg ভরের একটি ব্লক স্থির অবস্থায় রয়েছে।

◀ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে

ক. স্প্রিং বল কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের জন্য কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন কেন? ২

গ. সর্বোচ্চ বিন্দুতে ব্লকটির বিভবশক্তি কত? ৩

ঘ. অভিকর্ষ বলের প্রভাবে হঠাৎ ব্লকটি স্থির অবস্থান হতে চলা শুরু করলে কত উচ্চতায় ব্লকটি অর্ধগোলকের সংস্পর্শ ত্যাগ করে? ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো স্প্রিংকে তার স্বাভাবিক অবস্থান হতে সংকুচিত বা প্রসারিত করা হয় তখন স্প্রিংটি এই সংকোচন বা প্রসারনের বিরুদ্ধে যে প্রত্যয়নী বল প্রয়োগ করে তাকে স্প্রিং বল বলে।

খ সমদ্রুতিতে বৃত্তপথে আবর্তনরত বস্তুর ওপর কেন্দ্র থেকে বাইরের দিকে একটি বল কাজ করে। ফলে বস্তুটি ছিটকে পড়ে যেতে চায়। এই বলটিকে কেন্দ্রবিমুখী বল বলে। সুতরাং বস্তুটিকে সমদ্রুতিতে ঘূর্ণায়মান থাকতে হলে কেন্দ্রবিমুখী বলের সমান ও বিপরীতমুখী অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। কেন্দ্রমুখী বল না থাকলে বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের সময় বস্তুটি বাইরে ছিটকে পড়ে যাবে। তাই কোনো বস্তুর বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের জন্য কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়।

গ

আমরা জানি,

বিভবশক্তি, $U = mgh$

$= 2 \times 9.8 \times 20$

$= 392$ J

এখানে,

দূরত্ব, $AB = 40$ m

সুতরাং, $AD = BD = CD$

$= \frac{40}{2} = 20$ m

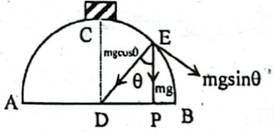
বস্তুর ভর, $m = 2$ kg

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

উচ্চতা, $CD = h = 20$ m

∴ সর্বোচ্চ বিন্দুতে ব্লকটির বিভবশক্তি 392 J **(Ans.)**

ঘ



ধরি, E বিন্দুতে ব্লকটি আসলে সেটি অর্ধগোলকের সংস্পর্শ ত্যাগ করবে। এখানে, EP = h = উচ্চতা

∴ $h = DE\cos\theta = R\cos\theta$

এখানে,

অর্ধগোলকের ব্যাসার্ধ,

$R = AD = CD = BD = 20$ m

বস্তুর ভর, $m = 2$ kg

C বিন্দুতে বেগ, $u = 0$ ms^{-1}

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

তলটি ঘর্ষণহীন। তাই ঘর্ষণ বল শূন্য

[DE = R = ব্যাসার্ধ]

E বিন্দুতে বেগ v; যখন E বিন্দুতে সংস্পর্শ ত্যাগ করবে তখন DE বরাবর নিট বল শূন্য হবে।

এখন, C বিন্দুতে মোট শক্তি = E বিন্দুতে মোট শক্তি

$mg \times R + \frac{1}{2}mu^2 = mg \times h + \frac{1}{2}mv^2$

বা, $gR + \frac{1}{2} \times 0^2 = gh + \frac{1}{2}v^2$

বা, $v^2 = 2gR - 2gh = 2gR - 2g \times R\cos\theta$

বা, $v^2 = 2gR(1 - \cos\theta)$ ……………………… (i)

আবার, E বিন্দুতে কেন্দ্রমুখী বল = কেন্দ্রবিমুখী বল,

বা, $mg\cos\theta = \frac{mv^2}{R}$ বা, $v^2 = Rg\cos\theta$ …………… (ii)

(i) ও (ii) হতে,

$Rg\cos\theta = 2gR(1 - \cos\theta)$

[দ্রষ্টব্য: E বিন্দুতে mgsinθ বলের প্রভাবে স্পর্শক বরাবর গতিপ্রাপ্ত হবে]

বা, $\cos\theta = 2 - 2\cos\theta$

বা, $3\cos\theta = 2$

বা, $\cos\theta = \frac{2}{3}$

$\therefore h = R\cos\theta = 20 \times \frac{2}{3} = 13.33$ m

অর্থাৎ, অভিকর্ষ বলের প্রভাবে হঠাৎ ব্লকটি স্থির অবস্থান হতে চলা শুরু করলে 13.33 মিটার উচ্চতায় এটি অর্ধগোলকের সংস্পর্শ ত্যাগ করে।

প্রশ্ন ▸ ৫৬ বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৪

পানিপূর্ণ একটি কুয়ার গভীরতা 10 m ও ব্যাস 2 m। কুয়াটিকে পানিশূন্য করার জন্য 2 HP ক্ষমতার একটি পাম্প চালু করা হলো। অর্ধেক পানি শূন্য হওয়ার পর পাম্পটি নষ্ট হলে 3 HP ক্ষমতার অপর একটি পাম্প চালু করে কুয়াটিকে পানিশূন্য করা হলো।

ক. অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১

খ. সমতলে হাঁটা অপেক্ষা সিঁড়ি দিয়ে হেঁটে উপরে উঠা কষ্টকর।— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের ১ম পাম্পটি মিনিটে কী পরিমাণ পানি উত্তোলন করবে? বের কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের উভয় পাম্পের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় সময় একই ছিলো কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বলের ক্রিয়ায় একটি বস্তু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয় না, সে বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

খ আমরা জানি, বল F, সরণ s এবং এদের মধ্যবর্তী কোণ θ হলে, কৃতকাজ $W = Fs\cos\theta$। সমতলে হাঁটার ক্ষেত্রে অভিকর্ষ বল খাড়া নিচের দিকে কাজ করে। ফলে অভিকর্ষ বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° হয়, তাই কৃতকাজ $W = Fs\cos 90° = 0$ হয়। কিন্তু সিঁড়ি দিয়ে ওপরে ওঠার ক্ষেত্রে $W = Fs\cos\theta \neq 0$। সুতরাং, সিঁড়ি দিয়ে উপরে উঠার ক্ষেত্রে অভিকর্ষ বলের বিপরীতে অতিরিক্ত কাজ করতে হয় বলে সমতলে হাঁটা অপেক্ষা সিঁড়ি দিয়ে হেঁটে উপরে ওঠা কষ্টকর।

গ ১৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৫৭ বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৩

পানি ভর্তি একটি কুয়ার গভীরতা 30 m, ব্যাস 2 m। 5 HP এর একটি পাম্পকে কুয়াটি পানি শূন্য করার জন্য রাখা হলো। কুয়াটির উপরি ভাগের দুই-তৃতীয়াংশ পানি খালি করার পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেলো। অবশিষ্ট পানি শূন্য করার জন্য একই ক্ষমতার আর একটি পাম্প ব্যবহার করা হলো।

ক. কিলোওয়াট ঘণ্টা কাকে বলে? ১

খ. কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ কাকে বলে? ২

গ. ১ম পাম্পের কৃত কাজ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ১ম ও ২য় পাম্পের পানি উঠাতে একই সময় লাগবে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 1 kW ক্ষমতা সম্পন্ন কোন তড়িৎ যন্ত্র 1 ঘণ্টা চললে যে পরিমাণ তড়িৎ শক্তি ব্যয় হয় তাকে 1 কিলো ওয়াট ঘণ্টা বলে।

খ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তুর কেন্দ্রমুখী বলের দ্বারা সম্পাদিত কাজকে কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ বলে। এক্ষেত্রে যে কোনো মুহূর্তে কেন্দ্রমুখী বলের ($\vec{F_c}$) দিক বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর, কিন্তু প্রতিটি ক্ষুদ্র সময়ে বস্তুর ক্ষুদ্র সরণ ($\vec{ds}$) হয় বৃত্তের স্পর্শক বরাবর। ফলে $\vec{F_c}$ ও $\vec{ds}$ এর মধ্যকার কোণ $\theta = 90°$। সুতরাং কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = \vec{F_c}\cdot\vec{ds} = F_c \times ds\cos 90° = 0$। অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না।

গ আমরা জানি,

$W = mgh$

$= \frac{2}{3} \times \rho \times \pi r^2 H \times g \times h$

$= \frac{2}{3} \times 10^3 \times \pi \times (1)^2 \times 30 \times 9.8 \times 10$

$\therefore W = 6.158 \times 10^6$ J

এখানে,
পানির ঘনত্ব, $\rho = 10^3$ kgm^{-3}
কুয়ার গভীরতা, H = 30 m
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = \frac{2}{2} = 1$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8$ ms^{-2}
গড় সরণ, $h = \frac{2H}{3} \div 2$
$= \frac{H}{3} = \frac{30}{3} = 10$ m
কৃতকাজ, W = ?

অর্থাৎ, ১ম পাম্পের কৃতকাজ 6.158×10^6 J **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত, ১ম পাম্পের কৃতকাজ, $W = 6.158 \times 10^6$ J

আমরা জানি,

$P = \frac{W}{t_1}$

বা, $t_1 = \frac{W}{P}$

$= \frac{6.158 \times 10^6}{3730}$

$\therefore t_1 \approx 1651$ sec

এখানে,
১ম পাম্পের ক্ষমতা, P = 5 HP
= 5 × 746 W
= 3730 W
প্রয়োজনীয় সময়, t_1 = ?

২য় পাম্পের ক্ষেত্রে,

$P = \frac{W}{t_2}$

বা, $t_2 = \frac{mgh}{P}$

$= \frac{\frac{1}{3} \times \rho \times \pi r^2 H \times g \times h}{P}$

$= \frac{\frac{1}{3} \times 10^3 \times \pi \times 1^2 \times 30 \times 9.8 \times 25}{3730}$

$\therefore t_2 = 2063.5$ sec

এখানে,
২য় পাম্পের ক্ষমতা = ১ম পাম্পের ক্ষমতা, P = 3730W
পানির ঘনত্ব, $P = 10^3$ kgm^{-3}
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = \frac{2}{2} = 1$ m
কুয়ার গভীরতা, H = 30 m
গড়সরণ, $h = \frac{\frac{H}{3}}{2} + \frac{2H}{3}$
$= \frac{H}{6} + \frac{2H}{3}$
$= \frac{5H}{6} = \frac{5 \times 30}{6} = 25$ m
প্রয়োজনীয় সময়, t_2 = ?

এখানে, $t_2 > t_1$

অর্থাৎ, ১ম ও ২য় পাম্পের পানি উঠাতে একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▸ ৫৮ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩

একটি পাম্পের কর্মদক্ষতা 50%। পাম্পটি 30 m গভীর থেকে 3 মিনিটে 5500 kg পানি 15 m উঁচুতে রাখা ট্যাংকিতে উঠাতে পারে। অনুরূপ অন্য একটি পাম্প 40 m গভীর একটি কূপে স্থাপন করে ঐ একই ট্যাংকিতে পানি তোলা হয়।

ক. কাজ শক্তি উপপাদ্যটি লিখো। ১

খ. একই উপাদান ও জ্যামিতিক গঠন বিশিষ্ট কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন দৈর্ঘ্যের স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক এর মান ভিন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম পাম্পটির ক্ষমতা কত? ৩

ঘ. ২য় ক্ষেত্রে একই সময়ে একই পরিমাণ পানি উঠাতে গেলে পাম্পটির কর্মদক্ষতার কীরূপ পরিবর্তন করতে হবে?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

ঘ কোনো স্প্রিং এর একক পরিমাণ সম্প্রসারণ/সংকোচনের জন্য যে বল প্রয়োগ করতে হয়, তা-ই ঐ স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক। একই উপাদান ও জ্যামিতিক গঠন বিশিষ্ট স্প্রিং এর দৈর্ঘ্যের সাথে স্প্রিং ধ্রুবকের সম্পর্ক ব্যস্তানুপাতিক। কারণ—

i) দীর্ঘ স্প্রিংয়ে কয়েলের সংখ্যা বেশি থাকে। তাই এটি সহজে প্রসারিত বা সংকুচিত হতে পারে।

ii) প্রয়োগকৃত বল স্প্রিং এর দৈর্ঘ্যের সাথে বিভাজিত হয়। তাই, অভ্যন্তরীণ বল বিভাজন নীতির জন্য স্প্রিং এর দৈর্ঘ্যের সাথে স্প্রিং ধ্রুবকের সম্পর্ক ব্যস্তানুপাতিক।

গ আমরা পাই,

পাম্পটির কর্মদক্ষতা,

$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\ \%$

বা, $P_{out} = \frac{\eta P_{in}}{100\%}$

বা, $P_{out} = \frac{50\%\ P_{in}}{100\%}$

বা, $P_{out} = 0.5\ P_{in}$

আমরা জানি,

$P_{out} = \frac{W}{t}$

বা, $0.5P_{in} = \frac{mgh}{t}$

বা, $P_{in} = \frac{mgh}{t \times 0.5} = \frac{5500 \times 9.8 \times 45}{180 \times 0.5}$

বা, $P_{in} = 26950\ W$

$\therefore P_{in} = 36.13\ H.P.$

অর্থাৎ, ১ম পাম্পটির ক্ষমতা 36.13 H.P. **(Ans.)**

এখানে,
পাম্পটির কর্মদক্ষতা, $\eta = 50\%$
পানির ভর, $m = 5500\ kg$
উত্তোলিত পানির মোট সরণ,
$h = (30 + 15) = 45\ m$
মোট সময়, $t = 3\ min = 3 \times 60\ s = 180\ s$

ঘ আমরা জানি,

পাম্পটির ক্ষমতা,

$P = \frac{W}{t}$

$= \frac{mgh}{t}$

$= \frac{5500 \times 9.8 \times 35}{180}$

$= 10480.5\ W$

$= 14.05\ H.P$

এখানে,
২য় ক্ষেত্রে
উত্তোলিত পানির ভর, $m = 5500\ kg$
উত্তোলিত পানির মোট সরণ,
$h = (\frac{40}{2} + 15)\ m$
$= 35\ m$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
পানি উত্তোলনের জন্য সময়, $t = 180\ sec$
('গ' হতে)

'গ' থেকে পাই,

প্রথম ক্ষেত্রে পাম্পটির প্রদত্ত ক্ষমতা, $P_{in} = 36.13\ H.P$

সুতরাং ঐ একই পাম্প দ্বারা ২য় ক্ষেত্রে পানি উত্তোলন করা হলে পাম্পটির কর্মদক্ষতা হবে,

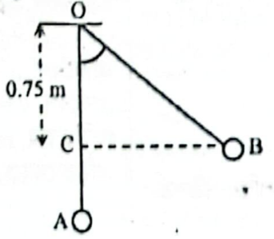
$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$

বা, $\eta = \frac{14.05}{36.13} \times 100\% = 38.9\%$

সুতরাং, ২য় ক্ষেত্রে একই পরিমাণ পানি একই সময়ে উঠাতে হলে পাম্পটির কর্মদক্ষতা কমাতে হবে $50\% - 38.9\% = 11.1\%$।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৪

মাহিবা তার বাসার ছাদে চিত্রের ন্যায় একটি দোলনায় নির্দিষ্ট কৌণিক বিস্তারে দুলছে। হঠাৎ বায়ু প্রবাহ শুরু হলে A অবস্থান অতিক্রমের মুহূর্তে বায়ুর বাধাজনিত কারণে গতিশক্তি 10% হ্রাস পায়। মাহিবাসহ দোলনার ভর 50 kg। [OA = OB = 1 m]



ক. অশ্বক্ষমতা কাকে বলে? ১
খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল ব্যাখ্যা কর। ২
গ. B বিন্দুতে বিভবশক্তি নির্ণয় কর। ৩
ঘ. বায়ু প্রবাহের পূর্বে ও পরে সাম্যাবস্থান অতিক্রমকালে মাহিবা সমান টান অনুভব করেছে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ব্যক্তি বা যন্ত্র যদি প্রতি সেকেন্ডে 746 J পরিমাণ কাজ করতে পারে বা 746 J পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে পারে, তবে তার ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না, সেই বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বলের দ্বারা কৃত কাজ ঋণাত্মক, ফলে একটি পূর্ণ চক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনো শূন্য হতে পারে না। তাই ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ এখানে,

B বিন্দুর উচ্চতা, $h = OA - OC$
$= 1 - 0.75$
$= 0.25\ m$

এখানে,
মাহিবাসহ দোলনার ভর, $m = 50\ kg$
দৈর্ঘ্য, $OA = OB = 1\ m$
দৈর্ঘ্য, $OC = 0.75\ m$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

সুতরাং বিভবশক্তি, $U = mgh$
$= 50 \times 9.8 \times 0.25$
$= 122.5\ J$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, B বিন্দুর উচ্চতা, $h = 0.25\ m$ এবং B বিন্দুতে বিভবশক্তি, $U = 122.5\ J$

A বিন্দুতে বায়ুপ্রবাহের পূর্বে বিভব শক্তি সম্পূর্ণরূপে গতিশক্তিতে পরিণত হবে। তাই, A বিন্দুতে বেগ v_A হলে,

$\frac{1}{2} m v_A^2 = 122.5$

বা, $v_A = \sqrt{\frac{2 \times 122.5}{m}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 122.5}{50}} = 2.214\ ms^{-1}$

এখানে,
মাহিবাসহ দোলনার ভর,
$m = 50\ kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
O থেকে দোলনার দূরত্ব,
$OA = OB = r = 1\ m$

কেন্দ্রবিমুখী বল, $F_c = \frac{m v_A^2}{r} = \frac{50 \times (2.214)^2}{1} = 245.09\ N$

সুতরাং টান বল, $T = mg + F_C = (50 \times 9.8) + 245.09$
$= 735.09\ N$

আবার, বায়ু প্রবাহ শুরু হলে গতিশক্তি 10% হ্রাস পায়। সুতরাং, এক্ষেত্রে A বিন্দুতে বেগ v'_A হলে,

$\frac{1}{2} m v_A'^2 = 122.5$ এর $(100 - 10)\% = 90\%$

বা, $v_A = \sqrt{\frac{2 \times 122.5 \times 0.9}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 122.5 \times 0.9}{50}}$

$= 2.1\ ms^{-1}$

এক্ষেত্রে কেন্দ্রবিমুখী বল, $F'_C = \frac{m v_A^2}{r}$

$= \frac{50 \times 2.1^2}{1} = 220.5\ N$

সুতরাং টান বল, $T' = mg + F'_C = (50 \times 9.8) + 220.5 = 710.5\ N$

এখানে, $T \neq T'$

সুতরাং, বায়ু প্রবাহের পূর্বে ও পরে সাম্যাবস্থান অতিক্রমকালে মাহিবা সমান টান অনুভব করেনি।

প্রশ্ন ▶ ৬০ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর ▌প্রশ্ন নং ৩

একটি পানিপূর্ণ কূপের গভীরতা ও ব্যাস যথাক্রমে 20 m এবং 2 m। একটি পাম্প 30 min এ কূপটিকে পানিশূন্য করতে পারে।

ক. কাজশক্তি উপপাদ্য লিখ। ১
খ. জড়তার ভ্রামক বস্তুর ভরের সমতুল্য ব্যাখ্যা কর। ২
গ. পাম্পের ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. কূপটির ১ম চতুর্ভাগ এবং ৪র্থ চতুর্ভাগ পানিশূন্য করতে সময়ের তারতম্য হবে কিনা যাচাই কর? ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ জড়তার ভ্রামক বস্তুর ভরের সমতুল্য। কারণ, জড়তার ভ্রামক ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনে বাধা সৃষ্টি করে, যেমন- ভর রৈখিক গতির পরিবর্তনে বাধা দেয়। রৈখিক গতিতে নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র $F = ma$ দ্বারা নির্ধারিত হয়, যেখানে ভর, m বস্তুটির জড়তার পরিমাণ নির্দেশ করে। একইভাবে ঘূর্ণন গতিতে $\tau = I\alpha$ সমীকরণ অনুসারে জড়তার ভ্রামক, I ঘূর্ণনের জড়তা প্রকাশ করে। তাই, কৌণিক গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বস্তুর ভরের সমতুল্য।

গ ১৫ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৫ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬১ কিশোরগঞ্জ সরকারি মহিলা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩

পানিপূর্ণ একটি কুয়ার গভীরতা 10 m এবং ব্যাস 2 m। কুয়াটি পানিশূন্য করার জন্য 2 HP ক্ষমতার একটি পাম্প চালু করা হলো।

অর্ধেক পানি শূন্য হওয়ার পর পাম্পটি নষ্ট হলে 3 HP ক্ষমতার অপর একটি পাম্প চালু করে কুয়াটি পানিশূন্য করা হলো।

ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১
খ. কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের ১ম পাম্পটি মিনিটে কী পরিমাণ পানি উত্তোলন করবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের উভয় পাম্পের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় সময় একই ছিলো কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয়, তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

খ বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত বস্তুর ওপর কেন্দ্রমুখী বল ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে যে কোনো মুহূর্তে কেন্দ্রমুখী বলের ($\vec{F_c}$) দিক বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর, কিন্তু প্রতিটি ক্ষুদ্র সময়ে বস্তুর ক্ষুদ্র সরণ ($\vec{ds}$) হয় বৃত্তের স্পর্শক বরাবর। ফলে $\vec{F_c}$ ও $\vec{ds}$ এর মধ্যকার কোণ $\theta = 90°$ হয়। সুতরাং, কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = \vec{F_c}.\vec{ds} = F_c \times ds \cos 90° = 0$। অর্থাৎ, কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

গ ১৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬২ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৬

একটি পানিপূর্ণ ট্যাংকের গভীরতা 20 m এবং ব্যাস 4 m। ট্যাংকটিকে পানি শূন্য করার জন্য একটি পাম্প লাগানো হলো। পাম্পটি চালু করার 10 মিনিট পর ট্যাংকের এক চতুর্থাংশ খালি করে পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেলো। পরে অন্য আরেকটি পাম্প দ্বারা ট্যাংকের বাকি পানি শূন্য করা হলো।

ক. কর্মদক্ষতা কী? ১
খ. অভিকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. প্রথম পাম্পটির ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের দ্বিতীয় পাম্পটি যদি ট্যাংকের বাকি পানি 20 মিনিটে শূন্য করতে পারে তাহলে উভয় পাম্পের মধ্যে কোনটির অশ্বক্ষমতা বেশি? গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন যন্ত্র হতে প্রাপ্ত মোট কার্যকর ক্ষমতা এবং ঐ যন্ত্রে প্রদত্ত মো ক্ষমতার অনুপাতই ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা।

খ আমরা জানি, v_0 বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষে করা হলে এর উড্ডয়নকাল, $T = \frac{2v_0}{g}$

যেহেতু $t = \frac{2v_0}{g}$ সময় পর বস্তুটি পূর্বের অবস্থানে ফিরে আ

সেহেতু $t = \frac{2v_0}{g}$ সময় পর বেগ হবে পতনের সময় বেগ।

∴ পতনের সময় বেগ, $v = v_0 - gt = v_0 - g\frac{2v_0}{g} = -v_0$

সুতরাং, নিক্ষেপের সময় বস্তুর গতিশক্তি $\frac{1}{2}mv_0^2$ এবং সর্বোচ্চ উচ্চতা পৌছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে এলে গতিশক্তি $\frac{1}{2}m(-v_0)^2$ = $\frac{1}{2}mv_0^2$। কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ

$$W = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = 0$$

সুতরাং, অভিকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং

একটি কুয়ার গভীরতা এবং ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 12 m ও 3.5 m, একটি ইঞ্জিন 3 মিনিটে কুয়ার সম্পূর্ণ পানি খালি করতে পারে। পরবর্তীতে ইঞ্জিনটি 1000 kg ভরের একটি গাড়িতে পরীক্ষামূলকভাবে যুক্ত কর হল।

ক. এক জুল কাকে বলে? ১
খ. স্প্রিং বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক হয় ব্যাখ্যা কর। ২
গ. কুয়ার পানি খালি করার ক্ষেত্রে ইঞ্জিন দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ হিসাব কর। ৩
ঘ. 3 সেকেন্ড সময়ের মধ্যে স্থির অবস্থা হতে 18 ms^{-1} বেগ অর্জন করা ঐ গাড়িটির পক্ষে সম্ভব কিনা? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক নিউটন বল প্রয়োগে বলের অভিমুখে বস্তুর সরণ এক মিটার হলে সম্পন্ন কাজকে এক জুল বলে।

খ বল প্রয়োগের ফলে কোন বস্তুর যখন বলের বিপরীত দিকে সরণ হয় বা বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকে তখন ঐ বল দ্বার কৃতকাজ ঋনাত্মক হয়। যখন কোনো স্প্রিংকে সংকুচিত বা প্রসারিত কর হয় তখন স্প্রিং বল সরণের বিপরীত দিকে কাজ করে। ফলে স্প্রিং ব দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক হয়।

গ ৩১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 27154670.26

ঘ 'গ' হতে পাই,

ইঞ্জিন দ্বারা সম্পাদিত কাজ, W = 27154670.26 J

ইঞ্জিনটির ক্ষমতা,

$P = \frac{W}{t}$

$= \frac{27154670.26}{180}$

$= 15.086 \times 10^4$ W

গাড়িটির ক্ষেত্রে,

কৃতকাজ, W′ = গতিশক্তির পরিবর্তন

এখানে,
কুয়া খালি করতে প্রয়োজনীয় সময়
t = 3 min = 3 × 60 = 60 = 180
আদিবেগ, u = 0 ms^{-1}
শেষবেগ, v = 18 ms^{-1}
গাড়ির ভর, m = 1000 kg
গাড়ির ক্ষেত্রে, সময়, t′ = 3 sec

$= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$

$= \frac{1}{2} \times 1000 \times (18)^2 - \frac{1}{2} \times 1000 \times 0^2$

$= 162000$ J

গাড়িটির ক্ষমতা হওয়া প্রয়োজন, $P' = \frac{W'}{T'} = \frac{162000}{3} = 5.4 \times 10^4$ W

এখানে, $P > P'$

সুতরাং, গাড়িটির পক্ষে 3 সেকেন্ড সময়ে স্থির অবস্থা হতে 18 ms^{-1} বেগ অর্জন করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

পানিপূর্ণ একটি চৌবাচ্চার ব্যাসার্ধ 3 মিটার ও গভীরতা 30 মিটার। চৌবাচ্চাটির দুই-তৃতীয়াংশ পানিশূন্য করতে 75% কর্মদক্ষতা সম্পন্ন একটি পাম্পের 20 মিনিট সময় লাগে।

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্য কী? ১
খ. কোনো বস্তুর বিভব শক্তি 20 J ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পাম্পটির ক্ষমতা H.P এককে কত? ৩
ঘ. চৌবাচ্চার বাকি পানি নিষ্কাশন করতে পাম্পটির একই সময় লাগবে কি– না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ অভিকর্ষের বিরুদ্ধে কোনো বস্তুকে উপরে তুললে তার মধ্যে যে শক্তি জমা হয় তাই বিভবশক্তি। ভিকর্ষের বিরুদ্ধে কোনো বস্তুকে উপর তুললে তার মধ্যে যে শক্তি জমা হয় তাই বিভবশক্তি। কোনো বস্তুর বিভবশক্তি 20 J বলতে বোঝায়, বস্তুকে ভূমি থেকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় তুলতে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে 20 J কাজ করতে হয়েছে যা বস্তুর মধ্যে জমা আছে।

গ আমরা জানি,

$P_{out} = \frac{W}{t}$

$= \frac{mgh}{t}$

$= \frac{\frac{2}{3}\pi r^2 H.\rho.gh}{t}$

$= \frac{\frac{2}{3}\pi \times (3)^2 \times 30 \times 10^3 \times 9.8 \times 10}{1200}$

$\therefore P_{out} = 46.1814 \times 10^3$ W

এখানে,
চৌবাচ্চার ব্যাসার্ধ, r = 3m
চৌবাচ্চার গভীরতা, H = 30m
পানির ঘনত্ব, $P = 10^3 kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8ms^{-2}$
প্রয়োজনীয়তা সময়, t = 20min
= (20 × 60) sec, = 1200 sec
গড় সরণ, $h = \frac{2H}{3} \div 2 = \frac{2 \times 30}{3} \div 2$ m = 10 m
কর্মদক্ষতা, n = 75% = 0.75

$= \frac{46.1814 \times 10^3}{746}$ H.P = 61.9054 H.P

আবার, কর্মদক্ষতা 75% তাই,

$P_{in} = \frac{P_{out}}{n} = \frac{61.9054}{0.75}$ H.P.

$= 82.54$ H.P

অর্থাৎ, পাম্পটির ক্ষমতা 82.54 H.P **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

পাম্পটির কার্যকর ক্ষমতা, $P_{out} = 46.1814 \times 10^3$ W

এখন, চৌবাচ্চাটির বাকি পানি নিষ্কাশন করতে প্রয়োজনীয় সময়, t' নির্ণয় করি।

আমরা জানি,

$P_{out} = \frac{W}{t'}$

বা, $P_{out} = \frac{mgh}{t'}$

বা, $P_{out} = \frac{\frac{1}{3}\pi r^2 H.\rho.g.h}{t'}$

বা, $t' = \frac{\frac{1}{3}\pi r^2 H.\rho.g.h}{P_{out}}$

$= \frac{\frac{1}{3} \times \pi \times (3)^2 \times 30 \times 10^3 \times 9.8 \times 25}{46.1814 \times 10^3}$

$\therefore t' = 1500$ sec

$= \frac{1500}{60}$ min = 25 min

এখানে,
চৌবাচ্চার ব্যাসার্ধ, r = 3m
গভীরতা, H = 30m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 ms^{-2}$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 10^3 kgm^{-3}$
গড় সরণ, $h = \left(\frac{H}{2} + 3\right) + \frac{2H}{3}$
$= \left(\frac{30}{3} + 2\right) + \left(\frac{2 \times 30}{3}\right)$
= 25m

প্রথমোক্ত পানি নিষ্কাশনের সময় ছিল 20 min অর্থাৎ, চৌবাচ্চার বাকি পানি নিষ্কাশনে পাম্পটির একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া ▌প্রশ্ন নং ২

12 তলা বিশিষ্ট কোন একটি উচ্চ টাওয়ারে 1000 kg ভরের ধারণ ক্ষমতা সম্পন্ন লিফ্‌ট 1.2 ms^{-2} ত্বরণে উঠানামা করে।

◀ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে

ক. সীমাস্থ ঘর্ষণ গুণাংক কী? ১
খ. কোন বস্তুই কেন্দ্রমুখী বল ছাড়া বৃত্তাকার পথে ঘুরতে পারে না— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. লিফ্‌ট যদি 3.2 ms^{-1} সমবেগে উঠানামা করে, তবে লিফটি চালনার জন্য কত অশ্ব ক্ষমতার মোটর প্রয়োজন হবে? ৩
ঘ. 72 kg ভরের কোন ব্যক্তি লিফ্‌টির ত্বরণে চলন্ত অবস্থায় ওয়েট মেশিনে তার প্রকৃত ওজন নির্ণয় করতে পারবে কি না তার গাণিতিক ব্যাখ্যা কর। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সীমাস্থ ঘর্ষণ বল ও অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া বলের অনুপাতই সীমাস্থ ঘর্ষণ গুণাংক।

খ কোনো বস্তু যখন বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন কেন্দ্র থেকে ব্যাসার্ধ বরাবর বাইরের দিকে একটি বল কাজ করে। একে কেন্দ্রবিমুখী বল বলে। কেন্দ্রবিমুখী বলের বিপরীতে একটি সমান বল থাকতে হয়। একে কেন্দ্রমুখী বল বলে। কেন্দ্রমুখী বল না থাকলে বস্তুটি বাইরের দিকে ছিটকে পড়ে যাবে। তাই বলা যায়, কোন বস্তুই কেন্দ্রমুখী বল ছাড়া বৃত্তাকার পথে ঘুরতে পারে না।

গ আমরা জানি,

ক্ষমতা, P = Fv
= mgv
= 1000 × 9.8 × 3.2
= 31360 W
$= \frac{31360}{746}$ HP
= 42.04 HP

এখানে,
ভর, m = 1000 kg
বেগ, $v = 3.2 ms^{-1}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 ms^{-2}$

অর্থাৎ, লিফটি চালনার জন্য 42.04 অশ্ব ক্ষমতার মোটর প্রয়োজন। **(Ans.)**

ঘ ব্যক্তির প্রকৃত ওজন,

W = mg = 72 × 9.8
= 705.6 N

এখানে,
লিফটের ত্বরণ, $a = 1.2 ms^{-2}$
ব্যক্তির ভর, m = 72 kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 ms^{-2}$

লিফট দিয়ে উপরে ওঠার সময় লোকটির ওজন মনে হবে,

$W_1 = m(g + a) = 72 \times (9.8 + 1.2) = 792$ N

লিফট দিয়ে নিচে নামার সময় লোকটির ওজন মনে হবে,

$W_2 = m(g - a)$
$= 72 \times (9.8 - 1.2)$
$= 619.2$ N

এখানে, $W \neq W_1$ এবং $W \neq W_2$

সুতরাং লিফটি ত্বরণে চলন্ত অবস্থায় 72kg ভরের কোন ব্যক্তি ওয়েট মেশিনে তার প্রকৃত ওজন নির্ণয় করতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া ▌প্রশ্ন নং ৩

আবির একটি বন্দুক থেকে গুলি ছোড়ার সময় বন্দুকের স্প্রিংটি টেনে 2 cm সংকুচিত করে ছেড়ে দিলে গুলিটির সামনে রাখা 18 cm পুরুত্বের একটি কাঠের তক্তায় 5 cm প্রবেশ করে থেমে যায়। সে গুলির সাহায্যে সম্পূর্ণ তক্তা ভেদ করতে চাইলো। স্প্রিং ধ্রুবক 250 Nm^{-1} এবং গুলির ভর 10 gm। $\vec{F} = (3xy + z^3)\,\hat{i} + x^3\hat{j} + 2xz\hat{k}$ বল প্রয়োগ করে কোনো কণাকে A(1,2,3) বিন্দু হতে B(4,6,9) বিন্দুতে সরিয়ে নিলো।

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি লিখ। ১

খ. পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরছে কিন্তু কোনো কাজ করছে না কেন? ২

গ. উদ্দীপকে কণাটিকে সরাতে কৃতকাজ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. আবির কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে গুলিটি কাঠের তক্তা সম্পূর্ণ ভেদ করতে পারবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ পৃথিবী সূর্যের চারপাশে উপবৃত্তাকার কক্ষপথে ঘুরছে। একটি পূর্ণচক্রে (এক বছর) পৃথিবী যে বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে আবার সেই বিন্দুতেই ফিরে আসে। ফলে একটি পূর্ণচক্রে সূর্যের মহাকর্ষ দ্বারা পৃথিবীর ঘূর্ণনে কৃতকাজ $W = \oint_c \vec{F}.\,d\vec{s}$; যেহেতু মহাকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল, সেহেতু মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে একটি বন্ধ রেখায় কৃতকাজ শূন্য,

$$\therefore \oint_c \vec{F}.\,d\vec{s} = 0 \text{।}$$

তাই পৃথিবী সূর্যের চারপাশে ঘুরছে কিন্তু কোন কাজ করছে না।

গ সরণ,

$\vec{AB} = \vec{S} = \vec{B} - \vec{A}$

$= (4-1)\,\hat{i} + (6-2)\,\hat{j} + (9-3)\,\hat{k}$

বা, $\vec{S} = 3\hat{i} + 4\hat{j} + 6\hat{k}$

সুতরাং কৃতকাজ,

$W = \vec{F}.\vec{S}$

এখানে,
বল, $\vec{F} = (3xy + z^3)\,\hat{i} + x^3\hat{j} + 2xz\hat{k}$
বিন্দুর অবস্থান A (1,2,3) এবং B (4,6,9)

$= \left\{(3xy + z^3)\hat{i} + x^3\hat{j} + 2xz\hat{k}\right\}.(3\hat{i} + 4\hat{j} + 6\hat{k})$

$= 3(3xy + z^3) + 4x^3 + 6 \times 2xz$

$= 9xy + 3z^3 + 4x^3 + 12xz$ **(Ans.)**

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, স্প্রিং এর সংকোচন, $x_1 = 2\text{ cm} = 0.02\text{ m}$

স্প্রিং এ সঞ্চিত বিভবশক্তি,

$U_1 = \frac{1}{2}kx_1^2$

$= \frac{1}{2} \times 250 \times (0.02)^2$

$= 0.05\text{ J}$

এখানে,
স্প্রিং ধ্রুবক, $k = 250\text{ Nm}^{-1}$
গুলির ভর, $m = 10\text{ gm} = 0.01\text{ kg}$
তক্তার পুরুত্ব, $S = 18\text{ cm} = 0.18\text{ m}$

বিভব শক্তি গুলির গতিশক্তিতে পরিণত হবে।

তাই, গুলির বেগ v হলে,

$\frac{1}{2}mv^2 = 0.05$

বা, $v = \sqrt{\frac{2 \times 0.05}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.05}{0.01}} = 3.16\text{ ms}^{-1}$

এক্ষেত্রে, গুলিটি $x = 5\text{ cm} = 0.05\text{ m}$ গিয়ে থেমে যায়। তাই শেষ

$v' = 0\text{ ms}^{-1}$। মন্দন a হলে, $v'^2 = v^2 - 2ax$

বা, $a = \frac{v^2 - v'^2}{2x} = \frac{3.16^2 - 0^2}{2 \times 0.05}$

বা, $a = 100\text{ ms}^{-2}$

২য় ক্ষেত্রে, গুলিটি যদি $s = 0.18\text{ m}$ গিয়ে থামে তবে শেষবেগ, v'' ms^{-1} এবং ধরি, আদিবেগ u

সুতরাং, $v'' = u^2 - 2as$

বা, $u^2 = 2as = 2 \times 100 \times 0.18 = 36$

বা, $u = \sqrt{36} = 6\text{ ms}^{-1}$

স্প্রিংটি x পরিমাণ সংকুচিত করলে বিভবশক্তি,

$U_2 = \frac{1}{2}kx_2^2$

এখানে, U_2 = গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mu^2$

বা, $\frac{1}{2}kx_2^2 = \frac{1}{2}mu^2$

বা, $x_2 = \sqrt{\frac{mu^2}{k}} = \sqrt{\frac{0.01 \times 36}{250}} = 0.0379\text{ m}$

বা, $x_2 = 3.79\text{ cm}$

সুতরাং আবির যদি বন্দুকের স্প্রিংটি টেনে 3.79 cm সংকুচিত তবে গুলিটি কাঠের তক্তা সম্পূর্ণ ভেদ করতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ দিনাজপুর সরকারি কলেজ ▌প্রশ্ন নং

200 kg ভরের একটি গাড়ি উলম্বের সাথে 60° কোণে আনত এ রাস্তা ধরে 20 ms^{-1} বেগে নিচে নামার সময় গাড়ির চালক ব্রেক ক গাড়িটি 25 m দূরত্ব অতিক্রম করার পর থেমে গেল। রাস্তার ঘর্ষণ 452 N।

◀ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সম

ক. কর্মদক্ষতা বলতে কি বুঝ?

খ. লন রোলার ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ হবে কি?— ব্যাখ্যা কর

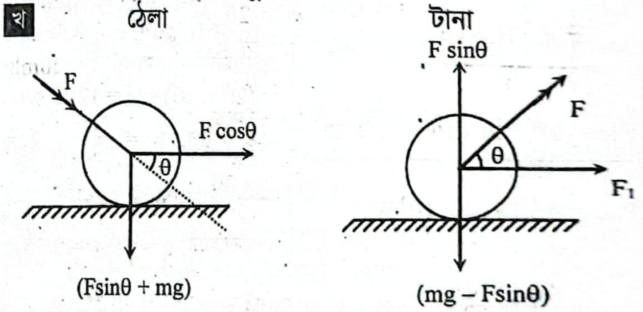
গ. গাড়িটির উপর ব্রেকজনিত বাধাদানকারী বল কত?

ঘ. এক্ষেত্রে শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি প্রযোজ্য হবে কি গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কর্মদক্ষতা বলতে কোন যন্ত্র হতে প্রাপ্ত মোট কার্যকর ক্ষমতা এবং যন্ত্রে প্রদত্ত মোট ক্ষমতার অনুপাতকে বোঝায়।

খ

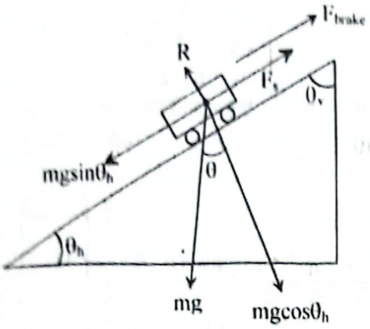


m ভর বিশিষ্ট একটি লন রোলার কে F বলে অনুভূমিকের সাথে কোণে ঠেলার ক্ষেত্রে নিচের দিকে লব্ধি বল হয় (F sinθ + mg), যা রোলারের নিজস্ব ওজন mg অপেক্ষা বেশি। অন্য দিকে টানার ক্ষে নিচের দিকে ক্রিয়াশীল বল হয় (mg – F sinθ), যা লন রোলারের নিজ ওজন mg অপেক্ষা কম। এজন্য লন রোলার ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ

গ আমরা পাই, $v^2 = v_0^2 + 2as$

বা, $a = \frac{-v_0^2}{2s} = \frac{-20^2}{2 \times 25} = -8\text{ ms}^{-2}$

এখানে, গাড়ির ভর,
= 200 kg
গাড়ির তলের উলম্বের সাথে কোণ, $\theta_v = 60°$
তলটির অনুভূমিকের সাথে কোণ, $\theta_h = 90° - 60° = 30°$



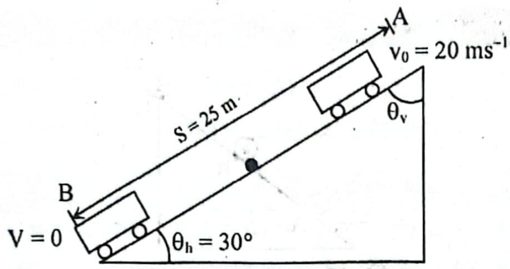
ব্রেক কর্তৃক প্রযুক্ত বল F_{brake} হলে আমরা পাই, $\Sigma F = ma$

ঘর্ষণ বল, $F_s = 452$ N
গাড়িটি 20 ms^{-1} আদিবেগ নিয়ে 25 m দূরত্ব অতিক্রম করে থামে।
গাড়ির আদিবেগ, $v_0 = 20\ ms^{-1}$
গাড়ির শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$
অতিক্রান্ত দূরত্ব, s = 25 m
অভিকর্ষজ ত্বরন g = $9.8\ ms^{-2}$

চিত্র হতে, F_{brake} এবং F_s একই দিকে কিন্তু $mg\sin\theta_h$ বিপরীত দিকে। গাড়ির $mg\sin\theta_h$ এর দিকে মন্দন হচ্ছে। অর্থাৎ,

$mg\sin\theta_h - (F_{brake} + F_s) = ma$
বা, $F_{brake} = mg\sin\theta_h - F_s - ma$
বা, $F_{brake} = 200 \times 9.8 \times \sin 30° - 452 - [200 \times (-8)]$
$= 2128$ N **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের তথ্য থেকে পাই,



A অবস্থান থেকে B অবস্থানে উচ্চতার পার্থক্য
$h = s \times \sin\theta_h$
বা, $h = s \times \sin 30°$
বা, $h = 25 \times \sin 30°$
$= 25 \times 0.5$
$= 12.5$ m

B এবং A অবস্থানে গাড়ির শক্তির পার্থক্য
$\Delta E = E_B - E_A$
$= \Delta E_K + \Delta E_P$
$= \left(\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2\right) + mg(\Delta h)$
$= \left(\frac{1}{2} \times 200 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 200 \times 20^2\right) + 200 \times 9.8 \times (0-12.5)$
$\therefore \Delta E = -64500$ J

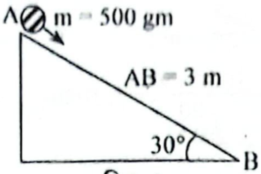
দেওয়া আছে, গাড়ির ভর, m = 200 kg
হেলানো তলে গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব, s = 25 m
চিত্রের A অবস্থানে গাড়ির বেগ, $v_0 = 20\ ms^{-1}$
চিত্রের B অবস্থানে গাড়ির বেগ, $v = 0\ ms^{-1}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

গাড়ির ব্রেক কর্তৃক গাড়ির উপর কৃতকাজ
$W = F_{brake} \times s \cos 180°$
'গ' থেকে পাই, $F_{brake} = 2128$ N
$\therefore W = 2128 \times 25 \times \cos 180° = -53200$ J

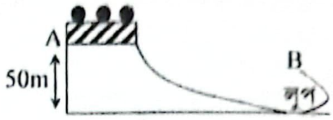
অতএব দেখা যাচ্ছে শক্তির পরিবর্তন এবং কৃতকাজ সমান নয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি প্রযোজ্য হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ দিনাজপুর সরকারি কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩

চিত্র-১ এ একটি নিরেট গোলক একটি হেলানো তল বেয়ে গড়িয়ে পড়ে B বিন্দুতে পৌছায়। অপর দিকে চিত্র-২ এ 1 মে.টন ভরের একটি রোলার কোস্টার 50m উচ্চতা থেকে পতিত হয়ে 40m উচ্চতার লুপে ঘুরে।



চিত্র: ১



চিত্র: ২

ক. সুষম বৃত্তীয় গতির শর্ত কী? ১
খ. মহাকর্ষ বল কী সংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. চিত্র-১ এর আলোকে B বিন্দুতে গোলকটির রৈখিক বেগ কত? ৩
ঘ. চিত্র-২ এ রোলার কোস্টারটি B বিন্দুতে পৌছাতে পারবে কী—যাচাই কর। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সুষম বৃত্তীয় গতির শর্ত হচ্ছে বৃত্তাকার পথে গতিশীল বস্তুর বেগ সময়ের সাথে পরিবর্তিত হবে না।

খ ধরা যাক, একটি বস্তুকে v_0 বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। বস্তুটি সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে আসতে প্রয়োজনীয় সময় $T = \frac{2v_0}{g}$

সুতরাং T সময় পর বস্তুর বেগ, $v = v_o - gT = v_0 - g\frac{2v_0}{g} = -v_0$

নিক্ষেপের সময় বস্তুর গতিশক্তি $\frac{1}{2}mv_0^2$ এবং সর্বোচ্চ উচ্চায় পৌছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে এলে গতিশক্তি $\frac{1}{2}m(-v_0)^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$। কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ $W = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = 0$

যেহেতু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে প্রাথমিক অবস্থানে ফিরে আসায় মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য তাই মহাকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

গ উচ্চতা, $h = AB\sin 30°$
$= 3 \times \frac{1}{2} = 1.5$ m
A বিন্দুতে শক্তি = B বিন্দুতে শক্তি
বা, $mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$
বা, $mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \times \frac{2}{5}mr^2 \times \left(\frac{v}{r}\right)^2$
বা, $gh = \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{5}v^2$
বা, $\frac{5+2}{10}v^2 = gh$
বা, $\frac{7}{10}v^2 = gh$
বা, $v = \sqrt{\frac{10\ gh}{7}} = \sqrt{\frac{10 \times 9.8 \times 1.5}{7}} = 4.5826\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
AB = 3m
θ = 30°
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

ঘ A বিন্দুতে বিভবশক্তি,
$U_A = mgh_1$
$= 1000 \times 9.8 \times 50$
$= 4.9 \times 10^5$ J
সুতরাং ভূমিতে বেগ v হলে,
$\frac{1}{2}mv^2 = U_A$
বা, $v^2 = \frac{2 \times 4.9 \times 10^5}{1000} = 980$

এখানে,
রোলার কোস্টারের ভর, m = 1 মে. টন = 1000 kg
ভূমি হতে রোলার কোস্টারের উচ্চতা, $h_1 = 50$ m
লুপের উচ্চতা, $h_2 = 40$ m
লুপের ব্যাসার্ধ, $r = \frac{h_2}{2} = \frac{40}{2}$
$= 20$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

উপরের দিকে লব্ধি বল, $T = F_c - mg = \frac{mv^2}{r} - mg$

$= \frac{1000 \times 980}{20} - 1000 \times 9.8$

$= 39200$ N

B বিন্দুতে যেতে কৃতকাজ, $W = Th_2$

$= 39200 \times 40$

$= 1.568 \times 10^6$ J

B বিন্দুতে বিভবশক্তি $U_B = mgh_2$

$= 1000 \times 9.8 \times 40$

$= 3.92 \times 10^5$ J

এখানে, $W > U_B$

সুতরাং, চিত্র-২ এর রোলার কোস্টারটি B বিন্দুতে পৌছাতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ৬৯ দিনাজপুর সরকারি কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৪

ভূ-পৃষ্ঠ হতে একটি কুয়ার তলের গভীরতা 16 m ও ব্যাস 6 m। কুয়ার দুই-তৃতীয়াংশ পানি আছে। কুয়ার পানি নিষ্কাশনের জন্য 75% দক্ষতার 5HP ক্ষমতার একটি মোটর সেট করা হলো। কিন্তু অর্ধেক পানি উত্তোলনের পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেলে অবশিষ্ট পানি উত্তোলনের জন্য 80% দক্ষতার 4HP ক্ষমতার অন্য আরেকটি পাম্প সেট করা হয়।

ক. কর্ম দক্ষতা কী? ১

খ. জড়তার ভ্রামকের জন্য ঘূর্ণন অক্ষ কেন প্রয়োজন হয়? ২

গ. প্রথম মোটর দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কত? ৩

ঘ. উভয় মোটর দ্বারা পানি উত্তোলনে একই সময় লেগেছিল কি না— গাণিতিকভাবে মতামত দাও। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন যন্ত্র হতে প্রাপ্ত মোট কার্যকর ক্ষমতা এবং ঐ যন্ত্রে প্রদত্ত মোট ক্ষমতার অনুপাতকে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

খ ঘূর্ণনশীল কোনো বস্তুর প্রত্যেকটি কণার বৃত্তাকার গতির কেন্দ্রগুলো যে সরলরেখায় অবস্থিত তাকে ঘূর্ণন অক্ষ বলে। আবার কোনো নির্দিষ্ট সরলরেখা থেকে কোনো দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার লম্ব দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে ঐ সরলরেখার সাপেক্ষে ঐ বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলা হয়। অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক নির্ণয়ের জন্য একটি সরলরেখা নির্দিষ্ট করতে হয়। এই সরলরেখাটিকেই ঘূর্ণন অক্ষ বলা হয়। সুতরাং জড়তার ভ্রামকের জন্য ঘূর্ণন অক্ষ প্রয়োজন হয়।

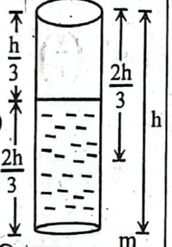
গ কুয়াতে থাকা মোট পানির ভর,

$m = V\rho$

$= \pi r^2 \times \left(\frac{2h}{3}\right) \times \rho$

$= \pi \times (3)^2 \times \frac{2 \times 16}{3} \times 1000$

$= 301593$ kg



এখানে,
কুয়ার গভীরতা, $h = 16$ m
কুয়ার ব্যাস, $d = 6$ m
∴ ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = 3$m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}

১ম মোটর দ্বারা উত্তোলনকৃত পানির ভর, $m' = \frac{m}{2}$

$= 150796.5$ kg

গড় উচ্চতা, $h' = \frac{h}{3} + \frac{\frac{h}{3}}{2} = \frac{h}{2} = \frac{16}{2} = 8$ m

∴ প্রথম মোটর দ্বারা সম্পাদিত কাজ, $W = m'gh' = 150796.5 \times 9.8 \times 8$

$= 1.182 \times 10^7$ J **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

১ম পাম্প দ্বারা উত্তোলনকৃত পানির ভর, $m' = 150796.5$ kg

= ২য় পাম্প দ্বারা উত্তোলনকৃত পানির ভর

১ম পাম্প দ্বারা কৃতকাজ, $W_1 = 1.182 \times 10^7$ J

১ম পাম্পের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় সময় t_1 হলে, ১ম মোটরের দক্ষতা,

$\eta_1 = \frac{\frac{W_1}{t_1}}{P_1}$

বা, $t_1 = \frac{W_1}{\eta_1 P_1} = \frac{1.182 \times 10^7}{0.75 \times 3730}$

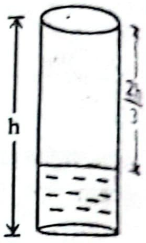
$= 4225.2$ s

এখানে,
১ম মোটরের দক্ষতা,
$\eta_1 = 75\% = 0.75$
ক্ষমতা, $P_1 = 5$ HP $= 5 \times 746 = 3730$ W
২য় মোটরের দক্ষতা,
$\eta_2 = 80\% = 0.8$
২য় মোটরের ক্ষমতা, P_2
$4HP = 4 \times 746 = 2984$ W

২য় পাম্পের ক্ষেত্রে,

গড় উচ্চতা, $h_2 = \frac{2h}{3} + \frac{\frac{h}{3}}{2} = \frac{2h}{3} + \frac{h}{6} = \frac{5h}{6} = \frac{5 \times 16}{6}$

$= 13.33$ m



প্রয়োজনীয় সময়, t_2 হলে,

সুতরাং কার্যকর দক্ষতা, $P'_2 = \frac{m'gh_2}{t_2}$

সুতরাং, $\eta_2 = \frac{P'_2}{P_2}$

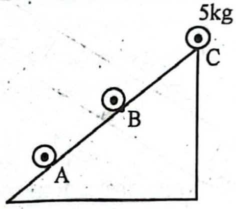
বা, $0.8 = \frac{m'gh_2}{t_2 \times P_2}$

বা, $t_2 = \frac{m'gh_2}{0.8 \times P_2} = \frac{150796.5 \times 9.8 \times 13.33}{0.8 \times 2984} = 8252$ sec

এখানে, $t_1 \neq t_2$

সুতরাং উভয় মোটর দ্বারা পানি উত্তোলনে একই সময় লাগেনি।

প্রশ্ন ▸ ৭০ সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা ▌ প্রশ্ন নং ৪



উপরের চিত্রে একটি বস্তু স্থির অবস্থা থেকে হেলানো তল বরাবর নিচের দিকে পড়ছে। A, B এবং C বিন্দুর উচ্চতা যথাক্রমে 20 m, 30 m এবং 60 m।

ক. ভূ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে? ১

খ. গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে C বিন্দুতে বিভব শক্তি কত? ৩

ঘ. A এবং B বিন্দুতে উদ্দীপকের বস্তুটির মোট শক্তির অনুপাত 1 অপেক্ষা বেশি হবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল পৃথিবীর আহ্নিক গতির সমান বা, 24 ঘণ্টা হয় এবং পৃথিবীর আবর্তনের সাথে একই ক্রমে আবর্তিত হয়, তবে তাকে ভূ-স্থির উপগ্রহ বলে।

খ সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে L এর মান বৃদ্ধি পেলে T এর মান বৃদ্ধি পাবে। কারণ কোনো নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষণ ত্বরণ (g) নির্দিষ্ট। গ্রীষ্মকালে দোলকঘড়ির কার্যকর দৈর্ঘ্য বেড়ে যায় বলে দোলনকাল বৃদ্ধি পায় এবং দোলনকাল বৃদ্ধির কারণেই গ্রীষ্মকালে দোলন ঘড়ি ধীরে চলে। তাই গ্রীষ্মকালে দোলনক বেড়ে যায় বলে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

গ ৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2940 J।

ঘ ৫(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** না, A ও B বিন্দুতে বস্তুটির মোট শক্তি একই (2940 J) থাকবে। তাই মোট শক্তির অনুপাত 1 অপেক্ষা বেশি হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৭১ ড্যাফোডিল ইন্টারন্যাশনাল কলেজ, চাঁদপুর ▌ প্রশ্ন নং ৪

একটি পানি পূর্ণ কুয়ার গভীরতা ও ব্যাস যথাক্রমে 16m ও 2m । কুয় পানি শূন্য করার জন্য 6HP এর একটি পাম্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি উঠানোর পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেল। বাকী পানি তোলার জ একই ক্ষমতা সম্পন্ন আরও একটি পাম্প লাগানো হলো।

ক. কর্মদক্ষতা কী? ১

খ. কোন স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 100 Nm^{-1} বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম পাম্প দ্বারা কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পাম্প দুটি দ্বারা পানি তুলতে একই সময় লাগবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন যন্ত্র হতে প্রাপ্ত মোট কার্যকর ক্ষমতা এবং ঐ যন্ত্রে প্রদত্ত মোট ক্ষমতার অনুপাতই হলো ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা।

খ একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 100 Nm^{-1} বলতে বুঝায় যে, সাম্যাবস্থান থেকে স্প্রিংটির মুক্ত প্রান্তের 1m সরণ ঘটানো হলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে 100 N প্রত্যয়নী বল উদ্ভূত হয়। অর্থাৎ ঐ অবস্থা বজায় রাখতে হলে বাইরে থেকে 100 N বল স্প্রিং এর সরণের দিকে বা সাম্যাস্থানের বিপরীতে প্রয়োগ করতে হবে।

গ এখানে, কুয়ার ব্যাসার্ধ

$r = \frac{2}{2}m = 1\ m$। বাকি অংশ:

৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** $9.852 \times 10^5 J$

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :**

১ম পাম্পের ক্ষেত্রে সময়, $t_1 = 220.108$;

২য় পাম্পের ক্ষেত্রে সময়, $t_2 = 660.324$

সুতরাং, পাম্প দুটি দ্বারা পানি তুলতে ভিন্ন সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▸ ৭২ চট্টগ্রাম কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৬

150 cm ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি পানিপূর্ণ কুয়াকে 577 watt এর একটি পাম্প 1500 sec এ পানিশূন্য করতে পারে। একজন লোক কুয়াটিতে 0.4HP এর আরেকটি পাম্প একসাথে যুক্ত করে পূর্ববর্তী সময়ের অর্ধেক সময়ে পূর্ণ কুয়ার তিন-চতুর্থাংশ পানি খালি করতে চাইলো।

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি লিখ। ১

খ. বল বনাম সরণ লেখচিত্র স্প্রিং সম্প্রসারণে বিভবশক্তি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কুয়াটির গভীরতা নির্ণয় করো। ৩

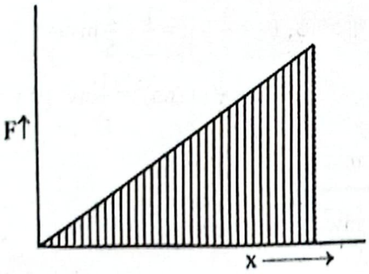
ঘ. লোকটির উদ্দেশ্য সফল হবে কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ হুকের সূত্র ব্যবহার করে বল বনাম সরণ লেখচিত্রে স্প্রিং সম্প্রসারণের বিভবশক্তি ব্যাখ্যা করা যায়।

হুকের সূত্রানুযায়ী, F = kx; যেখানে, k স্প্রিং ধ্রুবক।



বল বনাম সরণ লেখচিত্রের ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}. F. x = \frac{1}{2}. kx. x = \frac{1}{2} kx^2$ যা স্প্রিং সম্প্রসারণের বিভবশক্তিকে নির্দেশ করে।

গ আমরা জানি,

$P = \frac{W}{t}$

বা, $P = \frac{mgh}{t}$

বা, $P = \frac{\rho \times \pi r^2 \times H \times g \times \frac{H}{2}}{t}$

বা, $H^2 = \frac{2Pt}{\rho \pi r^2 g}$

বা, $H = \sqrt{\frac{2Pt}{\rho \pi r^2 g}}$

বা, $H = \sqrt{\frac{2 \times 577 \times 1500}{1000 \times \pi \times (1.5)^2 \times 9.8}}$

$= 5\ m$

এখানে,
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = 150\ cm$
$= 1.5\ m$
পাম্পের ক্ষমতা, $P = 577\ W$
সময়, $t = 1500\ sec$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
কুয়ার গভীরতা, $H = ?$

∴ কুয়াটির গভীরতা 5 মিটার। **(Ans.)**

ঘ

আমরা জানি,

$P = \frac{mgh}{t}$

বা, $t = \frac{mgh}{P}$

$= \frac{\rho. \pi r^2. \frac{3H}{4} \times g \times h}{P}$

$= \frac{1000 \times \pi \times (1.5)^2 \times \frac{3 \times 5}{4} \times 9.8 \times 1.875}{875.4}$

∴ $t = 556.4\ sec$

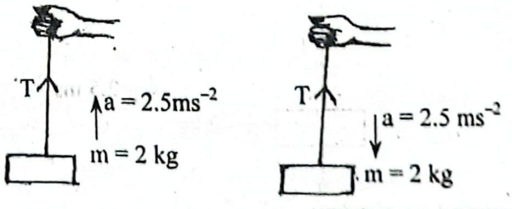
এখানে,
পাম্পের ক্ষমতা,
$P = 577 + (0.4 \times 746)\ W$
$= 875.4\ W$
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = 1.5\ m$
কুয়ার গভীরতা, $H = 5\ m$
কার্যকর সরণ,
$h = \frac{3H/_4}{2}$
$= \frac{3H}{8} = \frac{3 \times 5}{8}$
$= 1.875\ m$
পানির ঘনত্ব,
$\rho = 1000\ kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$

কিন্তু পূর্বের অর্ধেক সময় $= \frac{1500}{2}$ sec = 750 sec

অর্থাৎ, উল্লিখিত সময়ের পূর্বেই লোকটির উদ্দেশ্য সফল হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৩ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ‖ প্রশ্ন নং ৩

একটি সুতার সাহায্যে 2kg ভরের একটি বস্তুকে ঝুলিয়ে বস্তুটিকে 2.5 ms^{-2} সমত্বরণে 5m উপরে উঠানো হলো এবং পরবর্তীতে নিচে নামানো হলো।



◄ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সমন্বয়ে

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী? ১

খ. সরলদোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে রাখা হয় কেন?— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উপরে উঠানোর সময় সুতার টান কত? ৩

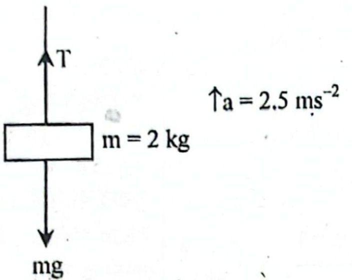
ঘ. বস্তুটিকে উঠাতে বা নামাতে সুতার টান কর্তৃক বস্তুটির উপর কৃতকাজ কোন ক্ষেত্রে বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বই হলো চক্রগতির ব্যাসার্ধ।

খ সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে রাখা হয়, কারণ সেক্ষেত্রে দোলকটি মোটামুটি সরলরেখায় কম্পিত হয়, এর ফলে এর গতিকে সরল ছন্দিত গতিরূপে বিবেচনা করা যায় এবং $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ সমীকরণটি ব্যবহার করা যায়। কারণ কৌণিক বিস্তার অত্যল্প ধরেই এই সমীকরণটি প্রতিপাদিত হয়েছে।

গ



চিত্রানুসারে,

$T - mg = ma$

বা, $T = m(g + a)$

$= 2\ (9.8 + 2.5)$

$\therefore T = 24.6\ N$

এখানে,
ভর, $m = 2\ kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
ত্বরণ, $a = 2.5\ ms^{-2}$

অর্থাৎ, উপরে উঠানোর সময় সুতার টান 24.6 N. **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত,

উপরে উঠানোর সময় সুতার টান = 24.6 N

∴ 5 m উপরে উঠানোর জন্য কৃতকাজ,

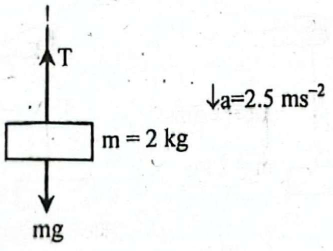
$W_1 = F_1 . s \cos\theta$

$= 24.6 \times 5 \times \cos(0°)$

$\therefore W_1 = 123\ J$

এখানে,
টান, $F_1 = 24.6\ N$
সরণ, $s = 5\ m$
বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 0°$
কাজ, $W_1 = ?$

আবার,



$mg - T = ma$

বা, $T = m(g - a) = 2(9.8 - 2.5) = 14.6\ N$

∴ কাজ, $W_2 = F_2 . s \cos\theta$

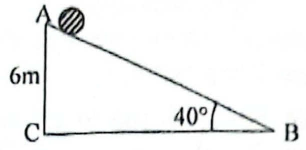
$= 14.6 \times 5 \times \cos(180°)$

$\therefore W_2 = -73\ J$

এখানে,
টান, $F_2 = 14.6\ N$
সরণ, $s = 5\ m$
বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 180°$
কাজ, $W_2 = ?$

অর্থাৎ, উপরে উঠানোর সময় বলের দ্বারা কাজ হয় যার মান 123 J এ নিচে নামানোর সময় বলের বিরুদ্ধে কাজ হয় যার মান 73J। উপরে উঠাতে বেশি কাজ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৪ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ❙ প্রশ্ন নং



◀ অধ্যায় ৪ ও ৫ এর সম

চিত্রের ন্যায় 0.04m ব্যাসার্ধের ও 4 kg ভরের একটি নিরেট গোলক স্থিরাবস্থা থেকে হেলানো তল বরাবর গড়িয়ে A হতে B -তে পড়ছে।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে?

খ. চলন্ত গাড়ির চাকার কাঁদা বাইরের দিকে ছিটকে পড়ে কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ. পড়ন্ত গোলকটির জড়তার ভ্রামকের মান কত?

ঘ. গোলকটি B বিন্দুতে মাটি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে কৌণিক গতিশক্তি কি রৈখিক গতিশক্তির দ্বিগুণ হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ চলন্ত গাড়ির চাকার কাদা বাইরের দিকে ছিটকে পড়ে কারণ জড়তা ও কেন্দ্রাতিগ বলের অভাব। চাকা ঘূর্ণনের কারণে কাঁদাও ঘুরতে থাকে, তবে সংযোজন বল দুর্বল হলে কাঁদা প্রয়োজনীয় কেন্দ্রাতিগ বল পায় না। ফলে, এটি স্পর্শকীয় পথে তার গতিবেগ বজায় রেখে বাইরের দিকে ছিটকে যায়।

গ আমরা জানি,

নিরেট গোলকের জড়তার ভ্রামক,

$I = \frac{2}{5} mr^2$

$= \frac{2}{5} \times 4 \times (0.04)^2$

$= 2.56 \times 10^{-3}\ kgm^2$ **(Ans.)**

এখানে,
গোলকের ভর, $m = 4\ kg$
ব্যাসার্ধ, $r = 0.04\ m$

ঘ গোলকটি B বিন্দুতে মাটি স্পর্শ করার মুহূর্তে রৈখিক বেগ v ও কৌণিক বেগ ω হলে রৈখিক গতিশক্তি, $E_1 = \frac{1}{2} mv^2$

এবং কৌণিক গতিশক্তি, $E_2 = \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} mr^2\omega^2$

$= \frac{1}{5} m\ (r\omega)^2 = \frac{1}{5} mv^2\ [\because v = r\omega]$

এখন, $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{1}{5} mv^2}{\frac{1}{2} mv^2} = \frac{2}{5}$

$\therefore E_2 = \frac{2}{5} E_1$

সুতরাং, বলা যায়, গোলকটি B বিন্দুতে মাটি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে কৌণিক গতিশক্তি, রৈখিক গতিশক্তির দ্বিগুণ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৫ বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম ❙ প্রশ্ন নং ৩

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 15 m এবং ব্যাস 6 m। 70% দক্ষতার একটি পাম্প 20 মিনিটে কুয়াটি পানিশূন্য করতে পারে।

ক. অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১
খ. সরণ বনাম গতিশক্তির ঢাল ব্যাখ্যা কর। ২
গ. পাম্পটির ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. পানিশূন্য কুয়াকে পানিপূর্ণ করার ক্ষেত্রে পাম্পটির দক্ষতা 10% বৃদ্ধি করা হলে এবং একই সময়ব্যাপী পাম্পটি চালু রাখা হলে পানি উপচে পড়বে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

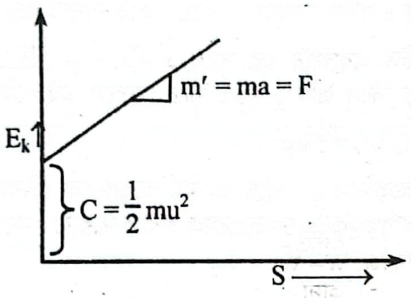
ক যদি একটি বস্তু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে কোনো বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য না হয়, তবে বলটিকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

খ সরণ বনাম গতিশক্তির ঢাল বস্তুটির বল নির্দেশ করে।

আমরা জানি, গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

বা, $E_k = \frac{1}{2}m(u^2 + 2as)$

বা, $E_k = \frac{1}{2}mu^2 + mas$



∴ E_k বনাম s গ্রাফ আঁকলে $y = m'x + c$ আকারের একটি সরলরেখা পাওয়া যাবে। যেখানে, ঢাল, $m' = ma = F =$ বল এবং $c = \frac{1}{2}mu^2$।

সমত্বরণ হলে গ্রাফটি সরলরেখা হবে এবং অসমত্বরণ হলে গ্রাফটি বক্ররেখা হবে।

সুতরাং, সরণ বনাম গতিশক্তির ঢাল বল নির্দেশ করে।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 37.11 kW।

ঘ 'গ' হতে পাই, পাম্পের ক্ষমতা, $P = 37.11\ KW = (37.11 \times 1000)W = 37110\ W$

কুয়াটিতে পানির পরিমাণ,

$m = V\rho = \pi r^2h \times \rho$
$= \pi \times 3^2 \times 15 \times 1000$
$= 4.24 \times 10^5\ kg$

ধরি, $t = 1200\ s$ এ পানির ভর m'

$\therefore \eta = \frac{\frac{m'gh'}{t}}{P}$

বা, $m' = \frac{\eta Pt}{gh}$

এখানে,
কুয়ার গভীরতা, $h = 15\ m$
ব্যাস $= 6\ m$
$\therefore$ ব্যাসার্ধ, $r = \frac{6}{2} = 3m$
সময়, $t = 20\ min$
$= 20 \times 60 = 1200\ s$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$
পরিবর্তিত কর্মদক্ষতা,
$\eta = 70\% + 10\% = 80\% = 0.8$

$= \frac{0.8 \times 37110 \times 1200}{9.8 \times 15}$
$= 2.42 \times 10^5\ kg$

এখানে, $m' < m$

সুতরাং, পানি উপচে পড়বে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৬ জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট ❙ প্রশ্ন নং ৪

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 20 m ও ব্যাস 2 m. কুয়াটিকে পানি শূন্য করার জন্য 5HP-এর একটি পাম্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি তোলার পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেল। বাকি পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতা সম্পন্ন আরেকটি পাম্প লাগানো হলো।

ক. ভূ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে? ১
খ. সূর্যকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান গ্রহগুলোর আবর্তনকাল ভিন্ন হয় কেন? ২
গ. প্রথম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে একই সময় লাগবে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের দিকের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘন্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু পৃথিবীর থেকে একজন পর্যবেক্ষকের কাছে স্থির মনে হবে। এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূ-স্থির উপগ্রহ বলে।

খ কোনো গ্রহের আর্বতনকাল বলতে আমরা বুঝি, গ্রহটি কত সময়ে সূর্যের চারপাশে ঠিক একবার ঘুরে আসে। কেপলারের সূত্র অনুযায়ী, সূর্য হতে কোনো গ্রহের গড় দূরত্ব R এবং আবর্তনকাল T হলে, $T^2 \propto R^3$। এ সূত্র হতে দেখা যায় যে, সূর্য হতে কোনো গ্রহের দূরত্ব যত বেশি সেই গ্রহের আবর্তনকাল তত বেশি হয়। আমরা জানি, সূর্যের চারপাশে গ্রহগুলো বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থান করে। তাই দূরত্বের ভিন্নতার কারণে এদের আবর্তনকালও ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে।

গ এখানে, ব্যাসার্ধ, $r = \frac{2}{2}m = 1m$।

বাকি অংশ: ৯(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $1.54 \times 10^6\ J$।

ঘ ৯(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $t_1 = 412.7\ sec$ ও $t_2 = 1238.11\ sec.$ পাম্পদুটি দ্বারা পানিত তুলতে একই পরিমাণ সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৭ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট ❙ প্রশ্ন নং ৩

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 12 m এবং ব্যাস 1.8m। একটি পাম্প 24 মিনিটে কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে পারে ও এর কর্মদক্ষতা 90%। অন্য একটি মোটর চালু করায় অনুভূমিক পানিপূর্ণ পাইপ থেকে পানি 4 ms^{-1} বেগে বের হচ্ছে। পাইপের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $0.03\ m^2$।

ক. মহাকর্ষীয় বিভব কী? ১
খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে পাম্পটির মোট অশ্ব ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের পাম্প ও মোটরের কার্যকর অশ্ব ক্ষমতার তুলনা কর। ৪

৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয় তাই মহাকর্ষীয় বিভব।

খ কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না, সেই বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বলের দ্বারা কৃত কাজ ঋণাত্মক, ফলে একটি পূর্ণ চক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনো শূন্য হতে পারে না। তাই ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ আমরা জানি,

$P = \frac{W}{\eta t}$

এখানে, কর্মদক্ষতা, $\eta = 90\% = 0.9$
কুয়ার গভীরতা, $h = 12\ m$

$= \frac{mgh}{\eta t}$

$= \frac{V\rho gh}{\eta t} [\because m = V\rho]$

$= \frac{\pi r^2 h\rho gh}{\eta t} [\because V = \pi r^2 h]$

কুয়ার ব্যাস, d = 1.8 m
সময়, t = 24 min = 24 × 60 s
গড় উচ্চতা, $h = \frac{0 + 12\text{ m}}{2} = 6\text{ m}$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\text{ kgm}^{-3}$
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = \frac{1.8\text{ m}}{2} = 0.9\text{ m}$
ক্ষমতা, P = ?

$= \frac{3.1416 \times (0.9)^2 \times 12 \times 1000 \times 9.8 \times 6}{0.9 \times 24 \times 60}$

$= 1385.4456\text{ W} = \frac{1385.4456}{746}\text{ H.P.}$

$= 1.857\text{ H.P.}$

সুতরাং, পাম্পটির মোট অশ্ব ক্ষমতা 1.857 HP। **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, পাম্পটির অশ্বক্ষমতা = 1.857 HP

∴ পাম্পটির কার্যকর অশ্ব ক্ষমতা, $P_1 = (0.9 \times 1.857)\text{ HP}$
$= 1.6713\text{ HP}$

মোটরের ক্ষমতা, $P_2 = Fv = mav = m \times \frac{v - u}{t} \times v$

$= m\frac{v^2}{t}$

$= \rho \times \frac{Al}{t} \times v^2$

$= \rho . Av^2 . \frac{l}{t}$

$= \rho . Av^3$

$= 10^3 \times 0.03 \times (4)^3$

$= 1920\text{ W} = \frac{1920}{746}\text{ HP}$

$= 2.5737\text{ HP}$

এখানে,
পাইপের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 0.03\text{ m}^2$
বেগ, $v = 4\text{ ms}^{-1}$

$\therefore \frac{P_2}{P_1} = \frac{2.5737}{1.6713} = 1.54$ বা, $P_2 = 1.54P_1$

অর্থাৎ, পাম্পটির তুলনায় মোটরের কার্যকর ক্ষমতা 1.54 গুণ বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৭৮ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট ▌প্রশ্ন নং ৪

ইফতি টেবিলের ওপর রেখে একটি স্প্রিং সংকুচিত ও প্রসারিত করে খেলছিল। সে স্প্রিংটি স্বাভাবিক অবস্থান থেকে 5 cm সংকুচিত করলো। তারপর 1.8 kg ভর এক প্রান্তে লাগিয়ে সংকুচিত স্প্রিংটি ছেড়ে দিল। স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক 340 Nm^{-1}।

ক. কৌণিক কম্পাংক কী?
খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বয়েলের সূত্র মেনে চলে— ব্যাখ্যা করো।
গ. স্প্রিংটি সংকুচিত করতে ইফতিকে কতটুকু কাজ করতে হয়ে
ঘ. স্প্রিংটি ছেড়ে দেয়ার পর 6 cm দূরের দেয়ালকে স্পর্শ কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে যাচাই করো।

৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরল ছন্দিত গতিতে স্পন্দনরত কোন কণার একক সময়ে পরিবর্তনের হারই হলো কৌণিক কম্পাংক।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না। তাপমাত্রা (T) ধ্রুব থাকে। আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ অনুযায়ী PV = যেহেতু নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে n ধ্রুব থাকে তাই nRT = সুতরাং PV = ধ্রুব। অর্থাৎ $P \propto \frac{1}{V}$। স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট গ্যাসের চাপ এর আয়তনের ব্যাস্তানুপাতিক। যা বয়েলের সূত্র করে। সুতরাং সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বয়েলের সূত্র মেনে চলে।

গ স্প্রিংটি সংকুচিত করতে কৃতকাজ,

$W = \frac{1}{2}kx^2$

$= \frac{1}{2} \times 340 \times (0.05)^2$

$= 0.425\text{ J}$ **(Ans.)**

এখানে,
স্প্রিং ধ্রুবক, $k = 340\text{ Nm}^{-1}$
সাম্যাবস্থান হতে সরণ, x = 5 cm = 0.05
কৃতকাজ, W = ?

ঘ স্প্রিংটিকে x পরিমাণ সংকুচিত করলে এতে সঞ্চিত শক্তি, $E = \frac{1}{2}k$

এখন, সংকুচিত অবস্থায় এর সাথে একটি m = 1.8 kg ভরের আটকে ছেড়ে দিলে এটি y দূরত্ব সরে আসলে এই পরিমাণ হতে কৃতকাজ, $W_1 = \frac{1}{2}ky^2$

এটি আদর্শ স্প্রিং হলে এর সাথে বস্তু যুক্ত করলে এবং টেবিলটি মসৃণ বস্তুকে সরাতে পৃথকভাবে কোনো কাজ করতে হবে না। ফলে, $W_2 =$

∴ মোট কৃতকাজ, $W = W_1 + W_2$

$= \frac{1}{2}ky^2 + 0 = \frac{1}{2}ky^2$

∴ কাজ-শক্তি উপপাদ্য হতে,

কৃতকাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন = সঞ্চিত শক্তি

$\frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}kx^2$

বা, y = x

∴ y = 5 cm

অতএব, স্প্রিংটি ছেড়ে দেয়ার পর 6 cm দূরের দেয়ালকে স্পর্শ করবে

৭৯ থেকে ১০৪ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph1bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linke

৭৯. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮০. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৮১. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮২. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮৩. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮৪. সিলেট বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮৫. সিলেট বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৮৬. যশোর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৮৭. বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
৯০. যশোর বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯১. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯২. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯৩. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hs
৯৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hs
৯৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hs
৯৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hs
৯৭. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ১ .... panjeree.com/hs
৯৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hs
৯৯. যশোর বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hs
১০০. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hs
১০১. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hs
১০২. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com
১০৩. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com
১০৪. সিলেট বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com

অধ্যায় ৬ মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

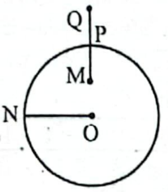
সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	২	১	১	১	১	১	১	১	১০
২০২৩	০	১	১	১	২	২	১	২	১	১১
২০২২	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২১	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	০	–	০	১	০	১	১	১	১	৫
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	২	–	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০১৬	১	–	০	২	১	১	১	০	১	৭
২০১৫	১	–	০	১	১	১	১	১	১	৭
মোট প্রশ্ন	৭	৪	৪	৯	৮	৯	৮	৮	৮	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি এবং ২০২১ সালের NCTB প্রণীত পুনর্বিন্যাসকৃত সিলেবাস অধ্যায়টি অন্তর্ভুক্ত করা হয়নি।

অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৫



$ON = 6.4 \times 10^3$ km
$PQ = 100$ km
$PM = 50$ km

ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ $= 9.8\ ms^{-2}$

ক. ভূ-স্থির উপগ্রহ কী? ১

খ. মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভরশীল নয় কেন? ২

গ. চিত্রের Q বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 5kg ভরের বস্তুর জন্য যথাক্রমে P ও Q বিন্দুতে ওজনের তুলনা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের দিকের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘন্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু পৃথিবীর থেকে একজন পর্যবেক্ষকের কাছে তা স্থির মনে হবে। এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহই ভূ-স্থির উপগ্রহ।

খ যেকোনো গ্রহ বা উপগ্রহের জন্য মুক্তি বেগের রাশিমালা—

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

এখানে, G মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, M ও R যথাক্রমে উক্ত গ্রহ বা উপগ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধ।

দেখা যাচ্ছে, মুক্তিবেগের রাশিমালায় বস্তুর ভর, m অনুপস্থিত। সুতরাং বস্তু ছোট বা বড়, ভারী বা হালকা যাই হোক না কেন তার মুক্তিবেগের মান একই হবে। তাই মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভরশীল নয়।

গ আমরা জানি,

ভূপৃষ্ঠ থেকে নির্দিষ্ট উচ্চতার কোনো স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g' = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \times g$$

$$= \left(\frac{6.4 \times 10^6}{6.4 \times 10^6 + 1 \times 10^5}\right)^2 \times 9.8$$

$$= 9.5\ ms^{-2}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$ON = R = 6400$ km
$= 6.4 \times 10^6$m
ভূপৃষ্ঠ হতে উচ্চতা,
$PQ = h = 100\ km = 1 \times 10^5$m
পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$
উদ্দীপকের Q বিন্দুতে
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই, Q বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = 9.5\ m{\cdot}s^{-2}$

Q বিন্দুতে বস্তুটির ওজন,
$W' = mg'$
$= 5 \times 9.5$
$= 47.5$ N

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 5$ kg
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$

ভূপৃষ্ঠে অর্থাৎ P বিন্দুতে বস্তুটির ওজন
$W = mg$
$= 5 \times 9.8$
$= 49$ N

এখানে, $W > W'$

ওজনের পার্থক্য, $\Delta W = W - W' = 49 - 47.5 = 1.5$ N

অর্থাৎ Q বিন্দুর তুলনায় P বিন্দুতে 5 kg ভরের বস্তুর ওজন 1.5 N বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৪

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km, পৃথিবীর নিজ অক্ষে সাপেক্ষে আবর্তনকাল 24 ঘণ্টা। ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষীয় ত্বরণ $g = 9.8\ ms^{-2}$।

ক. সেকেন্ড দোলক কী? ১

খ. পৃথিবীর অভ্যন্তরে ও উপরে সমান দূরত্বে, 'g' এর মান সমান নয় কেন? ২

গ. পৃথিবীর $60°$ অক্ষাংশে অভিকর্ষীয় ত্বরণের মান কত? ৩

ঘ. যদি পৃথিবীর ঘূর্ণন বর্তমান ঘূর্ণনের চেয়ে 10 গুণ বেশি হয় তবে বিষুবীয় অঞ্চলে 'g' এর মান অর্ধেকে পরিণত হবে কি-না— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাই সেকেন্ড দোলক।

খ ভূপৃষ্ঠ থেকে সমান গভীরতা ও উচ্চতা d হলে ভূপৃষ্ঠ হতে d উচ্চতা ও d গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ যথাক্রমে g' ও g'' হলে, $g' = g\left(1 - \frac{2d}{R}\right)$ ও $g'' = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$

অর্থাৎ $g' = \frac{g}{R}(R - 2d)$ এবং $g'' = \frac{g}{R}(R - d)$

এখানে দেখা যাচ্ছে যে, $R - 2d < R - d$, অর্থাৎ $g' < g''$।

সুতরাং বলা যায় পৃথিবীর অভ্যন্তরে ও উপরে সমান দূরত্বে 'g' এর মান সমান নয়।

গ আমরা জানি,

$$g_\lambda = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$$
$$= g - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \times R\cos^2\lambda$$
$$= 9.8 - \left(\frac{2\pi}{86400}\right)^2 \times 6.4 \times 10^6 \times \cos^2 60°$$
$$= 9.79\ \text{ms}^{-2}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর আবর্তনকাল, $T = 24\ \text{h} = 86400\ \text{s}$
অক্ষাংশ, $\lambda = 60°$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $R = 6.4 \times 10^3\ \text{km}$
$= 6.4 \times 10^6\ \text{m}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
ধরি, $60°$ অক্ষাংশে অভিকর্ষজ ত্বরণ $= g_\lambda$

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, পৃথিবীর কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi}{T}$

আমরা জানি,
বিষুবীয় অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_1 = g - \omega^2 R$$
$$= g - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \times R$$
$$= 9.8 - \left(\frac{2\pi}{86400}\right)^2 \times 6.4 \times 10^6$$
$$= 9.766\ \text{ms}^{-2}$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\ \text{km}$
$= 6.4 \times 10^6\ \text{m}$
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{m·s}^{-2}$
পৃথিবীর নিজ অক্ষের সাপেক্ষে আবর্তন কাল, $T = 24\ \text{h}$
$= 86400\ \text{s}$

আবার পৃথিবীর ঘূর্ণন যদি বর্তমান ঘূর্ণনের চেয়ে 10 গুণ হয় তবে পৃথিবীর কৌণিক বেগ, $\omega' = 10\,\omega$

সুতরাং বিষুবীয় অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ g_1' হলে,

$$g_1' = g - \omega'^2 \times R$$
$$= g - (10\omega)^2 R = g - \left(10 \times \frac{2\pi}{T}\right)^2 \times R$$
$$= 9.8 - \left(\frac{10 \times 2\pi}{86400}\right)^2 \times 6.4 \times 10^6 = 6.415\ \text{m·s}^{-2}$$

এখন, $\frac{g_1'}{g_1} = \frac{6.415}{9.766} = 0.65$ বা, $g_1' = 0.65\ g_1$

এখানে, $g_1' \neq \frac{g}{2}$

সুতরাং বলা যায়, যদি পৃথিবীর ঘূর্ণন বর্তমান ঘূর্ণনের চেয়ে 10 গুণ বেশি হয়, তবে বিষুবীয় অঞ্চলে g এর মান অর্ধেকে পরিণত হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৫

পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6×10^{24} kg ও 6400 km। পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে 1000 km দূরে একটি উপগ্রহ আবর্তনশীল আছে। একজন নভোচারী মনে করে উপগ্রহটিকে আরো 22200 km দূরত্বে সরালে এর বেগ অর্ধেক হবে। [মহাকর্ষ ধ্রুবক $= 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$]

ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১

খ. সূর্য ও পৃথিবীর মধ্যবর্তী দূরত্ব কমে গেলে বছরে দিনের সংখ্যা একই থাকে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে উপগ্রহটির প্রাথমিক অবস্থানে পৃথিবীর জন্য মহাকর্ষীয় বিভব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নভোচারীর ধারণা সঠিক কি-না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবেগ বলে।

খ কেপলারের ৩য় সূত্রানুসারে, কোনো গ্রহের আবর্তনকালের বর্গ সূর্য হতে ঐ গ্রহের গড় দূরত্বের ঘনের সমানুপাতিক। অর্থাৎ আবর্তনকাল T ও গড় দূরত্ব d হলে, $T^2 \propto d^3$। অর্থাৎ গড় দূরত্ব d এর মান কমে গেলে আবর্তনকাল T কমবে এবং গড় দূরত্ব d এর মান বেড়ে গেলে আবর্তনকাল T বাড়বে। সূর্য ও পৃথিবীর মধ্যকার গড় দূরত্ব যদি কমে যায়, তবে কেপলারের ৩য় সূত্রানুসারে, পৃথিবীর আবর্তনকাল কমে যাবে। এক বছরের দিনের সংখ্যা কমে আসবে।

গ আমরা জানি,
ভূপৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় মহাকর্ষীয় বিভব, $V = -\frac{GM}{R + h}$

$$= -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 + 1 \times 10^6}$$
$$= -5.4 \times 10^7\ \text{Jkg}^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400$ km
$= 6.4 \times 10^6$ m
ভূপৃষ্ঠ হতে উচ্চতা, $h = 1000$ km
$= 1 \times 10^6$ m
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\ \text{kg}^{-2}$

ঘ ভূপৃষ্ঠ হতে, $h = 1000$ km
$= 1 \times 10^6$ m উচ্চতায়
উপগ্রহটির বেগ, $v = \sqrt{\frac{GM}{R + h}}$

$$= \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 + 1 \times 10^6}}$$
$$= 7355.638\ \text{m·s}^{-1}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400$ km
$= 6.4 \times 10^6$ m
মহাকর্ষ ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\ \text{kg}^{-2}$

আবার, ভূপৃষ্ঠ হতে $h' = h + 22200\ \text{km} = 1000 + 22200$
$= 23200\ \text{km} = 2.32 \times 10^7$ m উচ্চতায় কৃত্রিম উপগ্রহটির বেগ,

$$v' = \sqrt{\frac{GM}{R + h'}}$$
$$= \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 + 2.32 \times 10^7}}$$
$$= 3677.82\ \text{m·s}^{-1}$$

এখন, $\frac{v'}{v} = \frac{3677.82}{7355.638} = 0.5$

অর্থাৎ $v' = \frac{v}{2}$

সুতরাং বলা যায়, নভোচারীর ধারণা সঠিক।

প্রশ্ন ▸ ৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৭

একটি উপগ্রহ পৃথিবীকে 12 ঘণ্টায় বৃত্তাকার পথে পরিভ্রমণ করতে পারে। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km এবং $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কাকে বলে? ১

খ. ইস্পাতের কাঠিন্যের গুণাংক $7.8 \times 10^{10}\text{Nm}^{-2}$ বলতে কী বুঝ? ২

গ. পৃথিবীর কেন্দ্র হতে উপগ্রহটি কত উচ্চতায় অবস্থান করছিল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উচ্চতার পরিবর্তন না করে উপগ্রহটিকে কত বেগ প্রদান করলে এটি ভূ-স্থির উপগ্রহে পরিণত হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কৃত্রিম উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘুরানো হয়, তাকে পার্কিং কক্ষপথ বলে।

ঘ ইস্পাতের কাঠিন্যের গুণাঙ্ক 7.8 × 10^{10} Nm^{-2} বলতে বুঝায় যে, একটি ইস্পাতের ঘনকের আকৃতি পরিবর্তন করে 1 রেডিয়ান ব্যবর্তন কোণ উৎপন্ন করতে ঐ ঘনকের পৃষ্ঠের প্রতি একক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলের উপর 7.8 × 10^{10} N স্পর্শকীয় বল প্রয়োগ করতে হবে।

গ আমরা জানি,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

বা, $GM = gR^2$

আবার, $h = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$

$$= \left(\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$$

$$= \left\{\frac{9.8 \times (6.4 \times 10^6)^2 \times (43200)^2}{4\pi^2}\right\}^{\frac{1}{3}} - 6.4 \times 10^6$$

$$= 2.027 \times 10^7 \text{ m } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
আবর্তনকাল, $T = 12$ h
$= 12 \times 3600 = 43200$ s
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6400$ km $= 6.4 \times 10^6$ m
$g = 9.8$ ms^{-2}
উপগ্রহটির উচ্চতা, $h = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই, উপগ্রহটির উচ্চতা, $h = 2.027 \times 10^7$ m

কৃত্রিম উপগ্রহের বেগ v হলে,

$$v = \frac{2\pi(R + h)}{T}$$

$$= \frac{2\pi \times (6.4 \times 10^6 + 2.027 \times 10^7)}{86400}$$

$$= 1939.5 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400$ km
$= 6.4 \times 10^6$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
ভূস্থির উপগ্রহের আবর্তনকাল,
$T = 24$ h $= 86400$ s

সুতরাং উচ্চতার পরিবর্তন না করে উপগ্রহটিকে 1939.5 ms^{-1} বেগ প্রদান করলে এটি ভূস্থির উপগ্রহে পরিণত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৪

একটি কাল্পনিক গ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6×10^{23} kg এবং 3.2×10^6 m। গ্রহটি নিজ অক্ষে 6 ঘণ্টায় একবার আবর্তন করে। ঐ গ্রহের ঘূর্ণন অক্ষের সাথে 45° অবস্থানে কোনো বিন্দুতে 100 kg ভরের একটি বস্তু রাখা হলো। $G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}.

ক. ভূ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে? ১

খ. পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ অভিকর্ষ প্রাবল্যের সমান– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উক্ত গ্রহের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান কত? ৩

ঘ. গ্রহটির ঘূর্ণনের জন্য উক্ত স্থানে বস্তুটির ওজনের কী রূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের দিকের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘন্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু পৃথিবী থেকে একজন পর্যবেক্ষকের কাছে স্থির মনে হবে। এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূ-স্থির উপগ্রহ বলে।

খ মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ভরের কোনো বস্তু স্থাপন করলে তার উপর যে বল প্রযুক্ত হয়, তাকে ঐ ক্ষেত্রের দরুন ঐ বিন্দুর অভিকর্ষ প্রাবল্য বলে। পৃথিবী পৃষ্ঠে m ভরের কোনো বস্তুর উপর অভিকর্ষ বল, F = mg। সুতরাং একক ভরের জন্য প্রযুক্ত বল,

$\frac{F}{m}$ = অভিকর্ষ প্রাবল্য।

সুতরাং, অভিকর্ষ প্রাবল্য $= \frac{F}{m} = \frac{mg}{m} = g$।

অর্থাৎ পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ অভিকর্ষ প্রাবল্যের সমান।

গ গ্রহটির পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ g হলে,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{23}}{(3.2 \times 10^6)^2}$$

$$= 3.91 \text{ ms}^{-2} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
গ্রহের ভর, $M = 6 \times 10^{23}$ kg
ব্যাসার্ধ, $R = 3.2 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}

ঘ 'গ' হতে পাই, গ্রহটির পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ 3.91 ms^{-2}

আমরা জানি,

$$g_\lambda = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$$

$$= g - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R\cos^2\lambda$$

$$= 3.91 - \left(\frac{2\pi}{21600}\right)^2 \times 3.2 \times 10^6 \cos^2 45°$$

$$= 3.7746 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
গ্রহটির ব্যাসার্ধ, $R = 3.2 \times 10^6$ m
গ্রহের ভর, $m = 100$ kg
অক্ষাংশ, $\lambda = 45°$
আবর্তনকাল, $T = 6$h
$= 6 \times 3600$
$= 21600$ s
উক্ত স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_\lambda = ?$

গ্রহটির ঘূর্ণনের জন্য উক্ত স্থানে বস্তুটির ওজনের পরিবর্তন ΔW হলে,

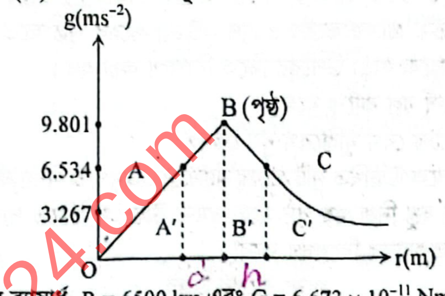
$$\Delta W = mg - mg_\lambda = m(g - g_\lambda)$$

$$= 100 \times (3.91 - 3.7746) = 13.54 \text{ N}$$

সুতরাং বলা যায় গ্রহটির ঘূর্ণনের জন্য উক্ত স্থানে বস্তুটির ওজন 13.54 N কমে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৬ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৪

পৃথিবীর মত একটি কাল্পনিক গ্রহের অভিকর্ষজ ত্বরণ, g(ms^{-2}) বনাম কেন্দ্র হতে দূরত্ব r(m) লেখচিত্রটি নিম্নরূপ:



গ্রহের ব্যাসার্ধ, $R = 6500$ km এবং $G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}

ক. মুক্তিবেগ কী? ১

খ. বল ও টর্ক এক নয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গ্রহটির ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. "A′ হতে B′ এর দূরত্ব এবং B′ হতে C′ এর দূরত্ব এক নয়"– তোমার উত্তরের সপক্ষে গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগই মুক্তিবেগ।

খ বল ও টর্ক এক নয় কারণ তাদের কাজ করার পদ্ধতি এবং প্রভাব ভিন্ন। বল সরলরেখায় কোনো বস্তুর উপর প্রয়োগ করা হয়। অন্যদিকে টর্ক কোনো বস্তুর ঘূর্ণন বিন্দুর চারপাশে ঘূর্ণন সৃষ্টি করতে প্রয়োগ করা হয়। বল কোনো বস্তুর সরলরেখায় গতি পরিবর্তন করে। অপরদিকে টর্ক বস্তুটির ঘূর্ণনজনিত গতি পরিবর্তন করে।

সুতরাং বলা যায় বল এবং টর্কের কার্যকর পদ্ধতি এবং প্রভাব ভিন্ন হওয়ার কারণেই এরা এক নয়।

গ আমরা জানি,

কোনো গ্রহের পৃষ্ঠে এর অভিকর্ষজ ত্বরণের মান সর্বোচ্চ হয়। B বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$g = 9.801$ ms^{-2}

আবার, $g = \frac{GM}{R^2}$

বা, $M = \frac{gR^2}{G}$

$$= \frac{9.801 \times (6.5 \times 10^6)^2}{6.673 \times 10^{-11}} = 6.2 \times 10^{24} \text{ kg } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
গ্রহটির ব্যাসার্ধ, $R = 6500$ km
$= 6.5 \times 10^6$ m
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}
গ্রহটির ভর, $M = ?$

ঘ ধরি, পৃষ্ঠ হতে কেন্দ্রের দিকে A বিন্দুর দূরত্ব, A′B′ = h ও পৃষ্ঠ হতে উপরের দিকে C বিন্দুর দূরত্ব B′C′ = d

h গভীরতার অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_A = g\left(1 - \frac{h}{R}\right)$$

এখানে,
গ্রহটির পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.801$ ms^{-2}
গ্রহটির ব্যাসার্ধ, $R = 6.5 \times 10^6$ m
A ও C বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_A = g_C = 6.534$ ms^{-2}

বা, $\frac{h}{R} = 1 - \frac{g_A}{g}$

বা, $h = \left(1 - \frac{g_A}{g}\right)R = \left(1 - \frac{6.534}{9.801}\right) \times 6.4 \times 10^6 = 2.133 \times 10^6$ m

আবার পৃষ্ঠ হতে d উচ্চতার অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$g_c = g\left(\frac{R}{R+d}\right)^2$

বা, $6.534 = 9.801\left(\frac{6500000}{6500000+d}\right)^2$

বা, $\frac{6500000}{6500000+d} = 0.816$

বা, $d = 1.466 \times 10^6$ m

এখানে, $h \neq d$ বা, $A'B' \neq B'C'$

সুতরাং বলা যায় A′ হতে B′ এর দূরত্ব এবং B′ হতে C′ এর দূরত্ব এক নয়।

প্রশ্ন ▶ ৭ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৩

দুটি গ্রহের মুক্তি বেগ যথাক্রমে 11.2 kms^{-1} এবং 5.2 kms^{-1}, প্রথম গ্রহের ভর দ্বিতীয় গ্রহের ভরের 8 গুণ। উভয় গ্রহের পৃষ্ঠ হতে 4 ms^{-1} বেগের দুটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হল।

ক. মহাকর্ষ বল কাকে বলে? ১
খ. রকেটের বেগ মুক্তিবেগ নয় কেন? ২
গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত দুটি গ্রহের ব্যাসার্ধের অনুপাত নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উভয় বস্তু নিজ গ্রহ পৃষ্ঠ হতে সমান উচ্চতায় উঠতে পারবে কি? গাণিতকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাবিশ্বের সকল বস্তু পরস্পর পরস্পরকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। এই আকর্ষণ বলকে মহাকর্ষ বল বলে।

খ আমরা জানি, কোনো বস্তুকে সর্বনিম্ন যে বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না, তাকে মুক্তিবেগ বলে। মুক্তিবেগের ক্ষেত্রে বেগ দিয়ে ছেড়ে দেওয়া হয়। এতে আর কোনো শক্তি সরবরাহের প্রয়োজন হয় না। কিন্তু রকেট নিক্ষেপের ক্ষেত্রে সবসময় জ্বালানী ব্যবহার করে শক্তি সরবরাহ করা হয়। আবার মুক্তিবেগ প্রাপ্ত বস্তু পৃথিবীর আকর্ষণ কাটিয়ে মহাশূন্যে চলে যায় এবং তাকে আর কখনো পৃথিবীতে ফিরিয়ে আনা সম্ভব হয় না। রকেটের বেগ অনেক বেশি হলেও এই বেগের কারণে রকেট পৃথিবীর আকর্ষণ কাটিয়ে চলে যেতে পারে না এবং প্রয়োজন হলে এটিকে পৃথিবীতে আবার ফিরিয়ে আনা যায়। তাই রকেটের মুক্তিবেগ নয়।

গ ধরি, ১ম ও ২য় গ্রহের ভর যথাক্রমে M_1 ও M_2 এবং ব্যাসার্ধ, R_1 ও R_2।

$M_1 = 8M_2$

এখানে,
১ম গ্রহের মুক্তিবেগ, $v_{1e} = 11.2$ kms^{-1} $= 11200$ ms^{-1}
২য় গ্রহের মুক্তিবেগ, $v_{2e} = 5.2$ kms^{-1} $= 5200$ ms^{-1}

আমরা জানি; মুক্তিবেগ,

$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

সুতরাং, $v_{1e} = \sqrt{\frac{2GM_1}{R_1}}$ এবং $v_{2e} = \sqrt{\frac{2GM_2}{R_2}}$

সুতরাং, $\frac{v_{1e}}{v_{2e}} = \frac{\sqrt{\frac{2GM_1}{R_1}}}{\sqrt{\frac{2GM_1}{R_2}}}$ বা, $\frac{v_{1e}}{v_{2e}} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2} \times \frac{R_2}{R_1}}$

বা, $\frac{R_1}{R_2} = \frac{v_{2e}^2}{v_{1e}^2} \times \frac{M_1}{M_2} = \frac{(5200)^2}{(11200)^2} \times \frac{8M_2}{M_2}$

$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{169}{98}$

গ্রহ দুটির ব্যাসার্ধের অনুপাত 169 : 98 **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই গ্রহ দুটির ব্যাসার্ধের অনুপাত $R_1 : R_2 = 169 : 98$

এখানে,
বস্তুদ্বয়ের ভরের অনুপাত, $\frac{M_1}{M_2} = 8 : 1$
নিক্ষিপ্ত বেগ, $v = 4$ ms^{-1}
ধরি, গ্রহ দুটির অভিকর্ষজ ত্বরণ, যথাক্রমে g_1 ও g_2

আমরা জানি,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{R^2}$

$\therefore g_1 = \frac{GM_1}{R_1^2}$

এবং $g_2 = \frac{GM_2}{R_2^2}$

বা, $\frac{g_1}{g_2} = \frac{M_1}{M_2} \times \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2$

$\frac{g_1}{g_2} = 8 \times \left(\frac{98}{169}\right)^2 = 2.69$

১ম গ্রহে বস্তুটির উচ্চতা, $h_1 = \frac{v^2}{2g_1} = \frac{(4)^2}{2g_1} = \frac{8}{g_1}$

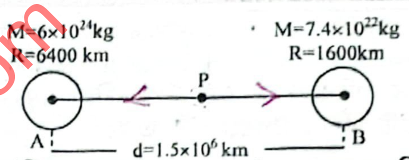
এবং ২য় গ্রহে বস্তুটির উচ্চতা, $h_2 = \frac{v^2}{2g_2} = \frac{(4)^2}{2g_2} = \frac{8}{g_2}$

এখন, $\frac{h_1}{h_2} = \frac{8}{g_1} \div \frac{8}{g_2} = \frac{g_2}{g_1}$ বা, $h_2 = \frac{g_1}{g_2} \times h_1$

$\therefore h_2 = 2.69\, h_1$ অর্থাৎ, $h_1 \neq h_2$

সুতরাং উভয় বস্তু নিজ গ্রহ পৃষ্ঠ হতে সমান উচ্চতায় উঠতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৫



A ও B দুটি কাল্পনিক গ্রহ হতে 1.5×10^6 km দূরে অবস্থিত। তাদের সংযোজক রেখার মধ্যবিন্দু P।

ক. মহাকর্ষীয় বিভব কী? ১
খ. কোনো স্থানের অভিকর্ষীয় ত্বরণের মান ঐ স্থানে খনিজ সম্পদ পাওয়ার সম্ভাবনা নির্দেশ করে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. P বিন্দুতে লব্ধি মহাকর্ষীয় প্রাবল্য বের করো। ৩
ঘ. A বা B কোন গ্রহ পৃষ্ঠ হতে 1000 kg ভরের নভোযানকে মহাশূন্যে পাঠাতে বেশি গতিশক্তি প্রয়োজন? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য করো। ৪

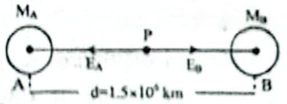
৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয়, তাই ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় বিভব।

খ আমরা জানি, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{4}{3}\pi\rho GR$ যেখানে, ρ = ঘনত্ব, G = মহাকর্ষীয় ধ্রুবক R = কেন্দ্র থেকে ভূপৃষ্ঠের দূরত্ব। ঘনত্ব ব্যতীত বাকি রাশিগুলো ধ্রুবক বলে, $g \propto \rho$ বলা যায়।

ভূমির নিচে বিভিন্ন প্রকারের খনিজ সম্পদের ঘনত্ব ভিন্ন। ধাতব খনিজ, যেমন: লোহা, নিকেল ও সোনা সাধারণত উচ্চ ঘনত্বের হয়ে থাকে। এই খনিজগুলোর উপস্থিতিতে ঐ অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ বৃদ্ধি পায়। আবার কোনো স্থানে নিম্ন ঘনত্বের পদার্থ যেমন গ্যাস বা ফাপা স্থান থাকে তবে সেখানে অভিকর্ষজ ত্বরণ কমে যেতে পারে। মোট কথা ভূতাত্ত্বিকরা অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিমাপ ব্যবহার করে মাটির নিচে খনিজ সম্পদের উপস্থিতি সম্পর্কে অনুমান করতে পারেন।

গ



এখানে, P বিন্দু AB এর মধ্যবিন্দু হওয়ায় $AP = BP = r = \frac{d}{2}$

$= \frac{1.5 \times 10^9}{2}$ m $= 7.5 \times 10^8$ m

A গ্রহের জন্য P বিন্দুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য,

$$E_A = \frac{GM_A}{r^2}$$

$$= \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(7.5 \times 10^8)^2}$$

$$= 7.1178 \times 10^{-4} \text{ Nkg}^{-1}$$

[PA বরাবর]

A গ্রহের ভর, $M_A = 6 \times 10^{24}$ kg

B গ্রহের ভর, $M_B = 7.4 \times 10^{22}$ kg

A ও B এর দূরত্ব,

$d = 1.5 \times 10^6 \text{ km} = 1.5 \times 10^9$ m

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,

$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

B গ্রহের জন্য P বিন্দুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য,

$$E_B = \frac{GM_B}{r^2}$$

$$= \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 7.4 \times 10^{22}}{(7.5 \times 10^8)^2}$$

$$= 8.7787 \times 10^{-6} \text{ Nkg}^{-1}$$ [PB বরাবর]

যেহেতু E_A ও E_B এর দিক বিপরীত এবং $E_A > E_B$ তাই P বিন্দুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য $E = E_A - E_B$

$$= (7.11787 \times 10^{-4} - 8.7787 \times 10^{-6}) \text{ Nkg}^{-1}$$

$$= 7.03 \times 10^{-4} \text{ Nkg}^{-1}$$ [PA বরাবর] **(Ans.)**

ঘ A গ্রহের মুক্তিবেগ,

$$v_A = \sqrt{\frac{2GM_A}{R_A}}$$

$$= \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6}}$$

$$= 11185.65 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

বস্তুটির ভর, m = 1000 kg

A গ্রহের ভর, $M_A = 6 \times 10^{24}$ kg

A গ্রহের ব্যাসার্ধ, $R_A = 6400 \text{ km} = 6.4 \times 10^6$ m

B গ্রহের ভর, $M_B = 7.4 \times 10^{22}$ kg

B গ্রহের ব্যাসার্ধ, $R_B = 1600 \text{ km} = 1.6 \times 10^6$ m

B গ্রহের মুক্তিবেগ,

$$v_B = \sqrt{\frac{2GM_B}{R_B}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 7.4 \times 10^{22}}{1.6 \times 10^6}} = 2484.46 \text{ ms}^{-1}$$

m ভরের বস্তুকে A ও B গ্রহের পৃষ্ঠ হতে মহাশূন্যে পাঠাতে ন্যূনতম গতিশক্তির পরিমাণ যথাক্রমে K_A ও K_B হলে

$$K_A = \frac{1}{2}m \times v_A^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times (11185.65)^2 = 6.256 \times 10^{10} \text{ J}$$

আবার, $K_B = \frac{1}{2}m \times v_B^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times (2484.46)^2 = 3.0863 \times 10^9$ J

এখানে, $K_A > K_B$

সুতরাং A গ্রহের পৃষ্ঠ হতে নভোযানটিকে মহাশূন্যে পাঠাতে বেশি গতিশক্তি প্রয়োজন।

প্রশ্ন ▶ ৯ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৫

একজন পদার্থবিদ পৃথিবীর ঘূর্ণনের সাথে অভিকর্ষজ ত্বরণ 'g' এর সম্পর্ক স্থাপনের জন্য 70 kg ভরের একটি বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠে 70° উত্তর অক্ষাংশে রাখলেন। পৃথিবী নিজ অক্ষে 24 ঘণ্টায় একবার আবর্তন করে। (পৃথিবীর ভর $M = 6 \times 10^{24}$kg, ব্যাসার্ধ $R = 6.4 \times 10^6$ m, মহাকর্ষীয় ধ্রুবক $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$, অভিকর্ষজ ত্বরণ $g = 9.77 \text{ ms}^{-2}$)

ক. মহাকর্ষীয় বিভব কাকে বলে? ১

খ. চন্দ্র ও পৃথিবীর মধ্যে কোন ক্ষেত্রে মুক্তিবেগ বেশি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পৃথিবী ঘূর্ণনের জন্য 70° উত্তর অক্ষাংশে বস্তুটির রৈখিক বেগ কত? ৩

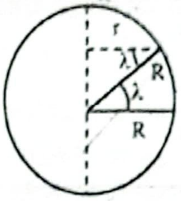
ঘ. আবর্তনজনিত কারণে উদ্দীপকে উল্লিখিত স্থানে বস্তুটির ওজন বাড়বে না কমবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয়, তাকে মহাকর্ষীয় বিভব বলে।

খ পৃথিবীতে মুক্তিবেগ চাঁদের তুলনায় অনেক বেশি। মুক্তিবেগের সূত্র হল $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$। অর্থাৎ মুক্তিবেগ দুটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে— গ্রহের ভর (M) ও গ্রহের ব্যাসার্ধ (R)। পৃথিবীর ভর চাঁদের ভরের তুলনায় অনেক বেশি। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ ও চাঁদের ব্যাসার্ধের চেয়ে বেশি কিন্তু ভরের মতো অনেক গুণ বেশি না। তাই পৃথিবীর মুক্তিবেগ চাঁদের মুক্তিবেগের তুলনায় বেশি।

গ 70° উত্তর অক্ষাংশে থাকা বস্তুটি গ্রহটির ঘূর্ণনের সময় যে বৃত্ত তৈরি করে তার পরিধি,



$$2\pi r = 2\pi \times R\cos\lambda$$

$$= 2\pi \times 6.4 \times 10^6 \times \cos 70°$$

$$= 1.375 \times 10^7 \text{ m}$$

এখানে,

গ্রহের ব্যাসার্ধ,

$R = 6.4 \times 10^6$m

অক্ষাংশ, $\lambda = 70°$

রৈখিক বেগ, = ?

এখন, বস্তুটি পরিধির সমান দূরত্ব অতিক্রম করে 24 ঘণ্টায়

$$\therefore \text{ বস্তুর রৈখিক বেগ} = \frac{2\pi r}{t} = \frac{1.375 \times 10^7}{24 \times 3600}$$

$$= 159.14 \text{ ms}^{-1}$$ **(Ans.)**

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** আবর্তন জনিত কারণে উদ্দীপকের স্থানটিতে বস্তুটির ওজন কমবে।

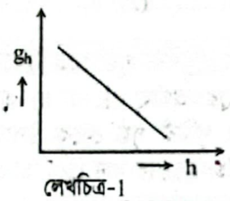
প্রশ্ন ▶ ১০ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৪

লিমন গুগল থেকে নিম্নের তথ্যসমূহ পেল। তথ্যসমূহ ব্যবহার করে নিম্নরূপ দু'টি লেখচিত্র অঙ্কন করে।

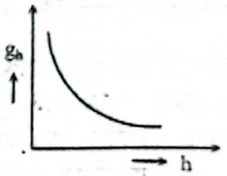
দেওয়া আছে, পৃথিবীর ভর, $M = 6.0 \times 10^{24}$ kg

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$



লেখচিত্র-1



লেখচিত্র-2

লেখচিত্র-1: ভূপৃষ্ঠ হতে পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে h দূরত্ব ও h দূরত্বের অভিকর্ষজ ত্বরণ g_h

লেখচিত্র-2: ভূপৃষ্ঠ হতে উপরের দিকে h দূরত্ব ও h দূরত্বে অভিকর্ষজ ত্বরণ g_h

ক. মুক্তিবেগ কী? ১

খ. "কোনো নির্দিষ্ট স্থানে ওজন ভরের সমানুপাতিক"– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ডাটাগুলো ব্যবহার করে পৃথিবীর পৃষ্ঠে g এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের লেখচিত্র দুটি ভিন্ন হওয়ার কারণ কী? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে কোনো গ্রহের পৃষ্ঠ হতে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগই উক্ত গ্রহের মুক্তিবেগ।

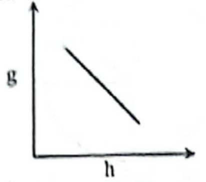
খ ওজন (W) হলো কোনো বস্তুর ভর (m) এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ (g) এর গুণফল। অর্থাৎ W = mg। কোনো নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান ধ্রুবক থাকে। তাই বস্তুর ওজন বস্তুর ভরের ওপর নির্ভর করে। যেহেতু g ধ্রুবক, তাই $W \propto m$। অর্থাৎ কোনো নির্দিষ্ট স্থানে ওজন বস্তুর ভরের সমানুপাতিক, বস্তুর ভর বাড়লে ওজন বাড়বে এবং বস্তুর ভর কমলে ওজনও কমে যাবে।

গ আমরা জানি,

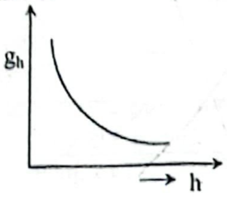
$$g = \frac{GM}{R^2}$$
$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.0 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6)^2}$$
$$= 9.77\ ms^{-2}$$ **(Ans.)**

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6\ m$
ভর, $M = 6.0 \times 10^{24}\ kg$
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$
পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = ?$

ঘ লেখচিত্র-1 এ ভূপৃষ্ঠ হতে পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে h দূরত্ব ও h দূরত্বে অভিকর্ষজ ত্বরণ g_h এর মান দেখানো হয়েছে।



লেখচিত্র-2 এ পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে h দূরত্ব ও h দূরত্বে অভিকর্ষজ ত্বরণ g_h এর মান দেখানো হয়েছে।



১ম ক্ষেত্রে, আমরা জানি,

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_h = \frac{R-h}{R} g$

বা, $g_h = g - \frac{g}{R} h$ .... (1)

[যেখানে, g ও R হচ্ছে যথাক্রমে পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ ও পৃথিবীর ব্যাসার্ধ]

(1) নং এ g এবং $\frac{g}{R}$ ধ্রুবক। তাই g_h ও h এর গ্রাফ আঁকলে ঋণাত্মক ঢাল বিশিষ্ট একটি সরলরেখা পাওয়া যাবে। অর্থাৎ h বাড়লে g_h এর মান সরলরৈখিকভাবে কমবে।

২য় ক্ষেত্রে, $g_h = \frac{R^2}{(R+h)^2} g$ .... (2)

সমীকরণ (2) হতে দেখা যাচ্ছে যে, পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে উপরের দিকে পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে মোট দূরত্বের অর্থাৎ, (R + h) এর বর্গের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে উপরের দিকে যতই h দূরত্বে যাওয়া হয়, অভিকর্ষজ ত্বরণের মান (g_h), h এর বর্গের ব্যস্তানুপাতে কমতে থাকে। অপরদিকে লেখচিত্র– 1 এ g_h এর মান h এর সাথে সরল রৈখিকভাবে কমতে থাকে। উপরোক্ত কারণে লেখচিত্র দুটি ভিন্ন হয়েছে।

প্রশ্ন ▶ ১১ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৪

10 kg ভরের একটি বস্তুকে বিষুবীয় অঞ্চল হতে মেরু অঞ্চলে স্থানান্তর করা হলো। পৃথিবীর বার্ষিক গতি এবং আহ্নিক গতি যথাক্রমে 365 days এবং 24 hours। পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যকার দূরত্ব 1.5×10^{11} m, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6.4×10^6 m, অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.81\ ms^{-2}$।

ক. মহাকর্ষীয় ধ্রুবকের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. সূর্যের সকল গ্রহে মুক্তিবেগের মান সমান কি-না? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সূর্যের চারপাশে পৃথিবীর রৈখিক দ্রুতি বের করো। ৩
ঘ. যদি আহ্নিক গতি না থাকতো তবে বিষুবীয় অঞ্চল হতে মেরু অঞ্চলে বস্তুটি স্থানান্তরের ফলে ওজনের পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরবিশিষ্ট দুটি বস্তুকণা একক দূরত্ব থেকে যে পরিমাণ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে তাকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

খ কোনো গ্রহের ভর, M এবং ব্যাসার্ধ, R হলে ঐ গ্রহের মুক্তিবেগে মান, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ হয়। সূর্যের প্রতিটি গ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধের ম ভিন্ন ভিন্ন। মুক্তিবেগ যেহেতু ভর ও ব্যাসার্ধের উপর নির্ভর করে তা সূর্যের প্রতিটি গ্রহের মুক্তিবেগের মান ভিন্ন হবে। তাই বলা যায় সূর্যে সকল গ্রহে মুক্তিবেগের মান সমান নয়।

গ বার্ষিক গতি = সূর্যের চারদিকে ঘূর্ণায়মান পৃথিবীর পর্যায়কাল = T

আমরা জানি,

রৈখিক বেগ, $v = \omega r = \frac{2\pi}{T} r$
$$= \frac{2\pi \times 1.5 \times 10^{11}}{3.1536 \times 10^7}$$
$$= 29885.77\ ms^{-1}$$ **(Ans.)**

এখানে,
বার্ষিক গতি, T = 365 days
$= 365 \times 24 \times 3600\ s$
$= 3.1536 \times 10^7\ s$
সূর্য ও পৃথিবীর মধ্যকার দূরত্ব,
$r = 1.5 \times 10^{11}\ m$

ঘ আমরা জানি, পৃথিবীর আকৃতির কারণে অভিকর্ষজ ত্বরণের মা পরিবর্তন হয়। মেরু অঞ্চলে অভিকর্জ ত্বরণের মান সবচেয়ে বেশি এব এই মান হলো—

$g_1 = 9.83\ ms^{-2}$

আবার বিষুবীয় অঞ্চলে g এর মান সবচেয়ে কম এবং এই মান হলো

$g_2 = 9.78\ ms^{-2}$

আবার আহ্নিক গতির কারণেও অভিকর্ষজ ত্বরণের মান পরিবর্তিত হয়।

পৃথিবী পৃষ্ঠে λ অক্ষাংশে কোনো স্থানে ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ g হলে আহ্নিক গতির কারণে ঐ স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ হবে $g_\lambda = g - \omega^2 R \cos^2 \lambda$

এখানে,
বস্তুটির ভর, m = 10 kg
আহ্নিক গতি = পর্যায়কাল (T)
$\therefore T = 24$ hours
$= 24 \times 3600\ s$
$= 86400\ s$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6\ m$
45° অক্ষাংশে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.81\ ms^{-2}$

মেরু ও বিষুবীয় অঞ্চলে λ এর মান যথাক্রমে 90° ও 0°।

আহ্নিক গতি না থাকলে $\omega = 0$। সুতরাং $g_\lambda = g$ হবে।

এখন বিষুবীয় অঞ্চলে $g_\lambda = g_2 = 9.78\ ms^{-2}$

$\therefore$ বস্তুটির ওজন $w_2 = mg_2 = 10 \times 9.78 = 97.8\ N$

আবার, মেরু অঞ্চলে, $g_\lambda = g_1 = 9.83\ ms^{-2}$

$\therefore w_1 = mg_1 = 10 \times 9.83 = 98.3\ N$

$\therefore w_1 - w_2 = 98.3 - 97.8 = 0.5\ N$

অর্থাৎ যদি আহ্নিক গতি না থাকতো তবে বিষুবীয় অঞ্চল হতে মে অঞ্চলে স্থানান্তরের ফলে বস্তুটির ওজন 0.5 N বেড়ে যেত।

প্রশ্ন ▶ ১২ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং

পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg, ব্যাসার্ধ 6.4×10^6 m। 80 kg ভরের এক কৃত্রিম উপগ্রহ ভূ-পৃষ্ঠ হতে 200 km উচ্চতায় তুলে এর মধ্যে 4.5 × 1 Joule গতিশক্তি সঞ্চারিত করা হলো। [$G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$, $= 9.8\ ms^{-2}$]

ক. মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কাকে বলে?
খ. কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল 12 N বলতে কী বোঝায়?
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির পর্যায়কাল নির্ণয় করো।
ঘ. উদ্দীপকে উপগ্রহটিকে মহাশূন্যে পাঠানোর জন্য গতিশক্তির পরিবর্তন করতে হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ভরের একটি বস্তু স্থাপ করলে তার ওপর যে মহাকর্ষীয় বল ক্রিয়া করে তাকে ঐ বিন্দু মহাকর্ষীয় প্রাবল্য বলে।

খ বল হলো ভর এবং ত্বরণের গুণফল। কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়া বল 12 N বলতে বোঝায়, এই পরিমাণ বল দিয়ে 1 kg ভরের বস্তু $12\ ms^{-2}$ ত্বরণ সৃষ্টি হয়, অথবা, 12 kg ভরের বস্তুতে $1\ ms^{-2}$ ত্ব সৃষ্টি হয়।

গ কৃত্রিম উপগ্রহটির পর্যায়কাল,

আমরা জানি,

$$T = \frac{2\pi(R+h)}{v} \text{ এবং } v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

$$\therefore T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(6.4\times10^6+2\times10^5)^3}{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}}$$

$$= 5325.46\ s$$

$$= 1.48\ hr\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর,
$M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m
ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা,
$h = 200$ km $= 2 \times 10^5$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}
কৃত্রিম উপগ্রহের পর্যায়কাল,
$T = ?$

ঘ কৃত্রিম উপগ্রহটিকে h উচ্চতা থেকে অসীমে বা মহাশূন্যে পাঠানোর জন্য মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ W হলে,

$$W = GMm\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$= GMm\left(\frac{1}{R+h} - \frac{1}{\infty}\right)$$

$$= \frac{GMm}{R+h}$$

$$= \frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}\times80}{6.4\times10^6+2\times10^5}$$

$$= 4.85\times10^9\ J$$

কৃত্রিম উপগ্রহের মধ্যে প্রদত্ত শক্তি
$E_k = 4.5 \times 10^9$ J
দেখা যাচ্ছে, $W > E_k$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m
ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
উপগ্রহের ভর, $m = 80$ kg
উপগ্রহের উচ্চতা, $h = 200$ km
$= 2 \times 10^5$ m
$G = 6.67 \times 10^{-11}$
Nm^{2}kg^{-2}
কেন্দ্র থেকে আদি দূরত্ব,
$r_1 = R + h$
শেষ দূরত্ব, $r_2 = \infty$

$\therefore$ উপগ্রহটিকে মহাশূন্যে পাঠানোর জন্য গতিশক্তি $= W - E_k = (4.85 \times 10^9 - 4.5 \times 10^9)$ J $= 3.5 \times 10^8$J বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৩ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৪

চাঁদকে একটি সুষম গোলক বিবেচনা করা হলো। ধরা যাক চাঁদের কেন্দ্র হতে 2×10^6 m উচ্চতায় একটি কৃত্রিম উপগ্রহ ঘূর্ণনরত আছে। চাঁদের পরিধি $= 10.048 \times 10^6$ m এবং ঘনত্ব $= 1742.3$ kgm^{-3}।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১
খ. পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে উপরের দিকে অভিকর্ষজ ত্বরণের মানের পরিবর্তন যে সূত্র মেনে চলে তা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির রৈখিক বেগের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কৃত্রিম উপগ্রহটিকে যদি 1.7538 kms^{-1} বেগে চাঁদের পৃষ্ঠ থেকে উৎক্ষেপণ করা হয় তাহলে তার চূড়ান্ত পরিণতি গাণিতিক বিশ্লেষণসহ উপস্থাপন করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয় তা-ই পার্কিং কক্ষপথ।

খ পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান,

$g' = \frac{R^2}{(R+h)^2}g$ এই সূত্র মেনে চলে। এখানে, R হলো পৃথিবীর ব্যাসার্ধ ও g হলো পৃথিবীপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ। ধরি, $r = R + h$। এখানে r হলো পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে ভূপৃষ্ঠ পার হয়ে h উচ্চতা পর্যন্ত দূরত্ব। সুতরাং $g' = \frac{R^2}{r^2}g$। সুতরাং, $g' \propto \frac{1}{r^2}$ অর্থাৎ, পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে ভূপৃষ্ঠের উপরে কোনো স্থানে g' এর মান ঐ স্থানের দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। তাই অভিকর্ষজ ত্বরণ g' এর মান ভূপৃষ্ঠ থেকে যতই উপরে যাওয়া যায় ততই কমতে থাকে।

গ

ধরি, চাঁদের ব্যাসার্ধ $= R$

$$\therefore 2\pi R = 10.048 \times 10^6$$

$$\text{বা, } R = \frac{10.048\times10^6}{2\pi}$$

$$= 1.6 \times 10^6\ m$$

এখানে,
ঘনত্ব, $\rho = 1742.3$ kgm^{-3}
চাঁদের পরিধি, $2\pi R = 10.048 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}$
Nm^{2}kg^{-2}
চাঁদের কেন্দ্র হতে কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা, $r = 2 \times 10^6$ m

চাঁদের আয়তন, $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$\therefore$ চাঁদের ভর, $M = \rho V = \rho \times \frac{4}{3}\pi R^3$

$$= 1742.3 \times \frac{4}{3} \times \pi \times (1.6\times10^6)^3$$

$$= 2.99 \times 10^{22}\ kg$$

কৃত্রিম উপগ্রহটির রৈখিক বেগ v হলে,

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{6.673\times10^{-11}\times2.99\times10^{22}}{2\times10^6}}$$

$$= 998.8\ ms^{-1} = 0.9988\ kms^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, চাঁদের ভর,
$M = 2.99 \times 10^{22}$ kg
চাঁদের ব্যাসার্ধ, $R = 1.6 \times 10^6$ m

এখানে,
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^2 kg^{-2}

সুতরাং, চাঁদের মুক্তিবেগ v_e হলে,

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$= \sqrt{\frac{2\times6.673\times10^{-11}\times2.99\times10^{22}}{1.6\times10^6}} = 1579.25\ ms^{-1}$$

$$= 1.579\ kms^{-1}$$

কৃত্রিম উপগ্রহটির উৎক্ষেপণ বেগ, $v = 1.7538$ kms^{-1}

এখানে, $v > v_e$

সুতরাং, উৎক্ষেপণ বেগ মুক্তিবেগের চেয়ে বেশি হওয়ায় বস্তুটি অধিবৃত্ত পথে চাঁদের পৃষ্ঠ ছেড়ে যাবে এবং তা আর চাঁদে ফিরে আসবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৪ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৫

সূর্য ও পৃথিবীর ভর যথাক্রমে 2×10^{30} kg ও 6×10^{24} kg। পৃথিবী হতে সূর্যের দূরত্ব 1.5×10^{11}m।

ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১
খ. পরিবেশের তাপমাত্রার হ্রাস বৃদ্ধির সাথে দোলক ঘড়ি দ্রুত কিংবা ধীরে চলে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সূর্য ও পৃথিবীর সংযোগরেখার মধ্যবিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভবের মান বের করো। ৩
ঘ. পৃথিবী এবং সূর্যের সংযোগকারী সরলরেখার উপর একাধিক বিন্দুতে প্রাবল্যের মান শূন্য হওয়া সম্ভব কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে কোনো গ্রহের পৃষ্ঠ হতে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগকে উক্ত গ্রহের মুক্তিবেগ বলে।

খ কৌণিক বিস্তার ক্ষুদ্র হলে কোনো নির্দিষ্ট স্থানে সরল দোলকের দোলনকাল (T) এর কার্যকরী দৈর্ঘ্য (L) এর বর্গমূলের সমানুপাতিক। অর্থাৎ $T \propto \sqrt{L}$ আবার তাপমাত্রার হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটলে সরলদোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্যেরও হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে। ফলে সরলদোলকের দোলনকালেরও হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে থাকে। তাপমাত্রা বাড়লে কার্যকরী দৈর্ঘ্য বাড়বে। ফলে দোলনকাল বেড়ে যাবে। এতে করে দোলক ঘড়ি ধীরে চলবে। অপরদিকে তাপমাত্রা কমলে কার্যকরী দৈর্ঘ্য কমে যাবে। ফলে দোলনকাল কমে যাবে। এতে করে দোলক ঘড়ি দ্রুত চলবে।

গ

$r' = \frac{r}{2}$ হলে,

$r' = \frac{1.5 \times 10^{11}}{2} = 7.5 \times 10^{10}$m

আমরা জানি, মহাকর্ষীয় বিভব

$$V = -\frac{GM}{r}$$

এখানে,
সূর্যের ভর, $M_s = 2 \times 10^{30}$ kg
পৃথিবীর ভর, $M_e = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবী হতে সূর্যের দূরত্ব,
$r = 1.5 \times 10^{11}$m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}

সূর্যের ক্ষেত্রে, বিভব V_s হলে,

$$V_s = -\frac{GM_s}{r'} = -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{30}}{7.5 \times 10^{10}} = -1.779 \times 10^9 \text{ Jkg}^{-1}$$

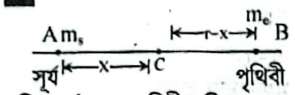
পৃথিবীর বিভব V_e হলে,

$$V_e = -\frac{GM_e}{r'} = -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{7.5 \times 10^{10}} = -5.34 \times 10^3 \text{ Jkg}^{-1}$$

∴ মধ্যবিন্দুতে মোট বিভব V হলে, $V = V_s + V_e$

$= -1.779 \times 10^9 - 5.34 \times 10^3 = -1.77900534 \times 10^9$ Jkg^{-1} **(Ans.)**

ঘ



ধরি, সূর্য হতে পৃথিবীর দিকে x দূরত্বে C বিন্দুতে মহাকর্ষ প্রাবল্য শূন্য হবে।

এখানে,
সূর্যের ভর, $M_s = 2 \times 10^{30}$ kg
পৃথিবীর ভর, $M_e = 6 \times 10^{24}$kg
সূর্য ও পৃথিবীর মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$r = 1.5 \times 10^{11}$m

C বিন্দুতে সূর্যের কারণে মহাকর্ষ প্রাবল্য E_s এর দিক হবে CA বরাবর

$$\therefore E_s = \frac{GM_s}{x^2}$$

আবার, C বিন্দুতে পৃথিবীর কারণে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য E_e এর দিক হবে CB বরাবর।

$$\therefore E_e = \frac{GM_e}{(r-x)^2}$$

এখানে, E_s ও E_e এর দিক বিপরীত তাই,

$E_s - E_e = 0$

বা, $\frac{GM_S}{x^2} - \frac{GM_e}{(r-x)^2} = 0$

বা, $\frac{GM_S}{x^2} = \frac{GM_e}{(r-x)^2}$

বা, $\frac{M_s}{x^2} = \frac{M_e}{(r-x)^2}$

বা, $\left(\frac{x}{r-x}\right)^2 = \frac{M_s}{M_e}$

বা, $\frac{x}{1.5 \times 10^{11} - x} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{30}}{6 \times 10^{24}}}$ [শুধুমাত্র ধনাত্মক মান নিয়ে]

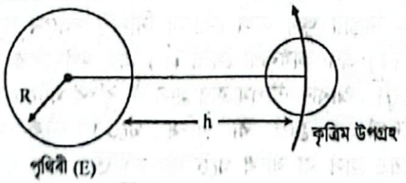
বা, $\frac{x}{1.5 \times 10^{11} - x} = 577.35$

বা, $x = 1.5 \times 10^{11} \times 577.35 - 577.35x$

বা, $x = \frac{1.5 \times 10^{11} \times 577.35}{578.35} = 1.4974 \times 10^{11}$ m

সূর্য ও পৃথিবীর সংযোগ রেখার একাধিক বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হওয়া সম্ভব নয়। শুধুমাত্র সূর্য ও পৃথিবীর মাঝখানে সূর্য হতে 1.4974×10^{11} m দূরে প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৪



পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}
কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা, $h = 3.46 \times 10^6$ m

ক. তল ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. মঙ্গল গ্রহের পৃষ্ঠ হতে বৃহস্পতির পৃষ্ঠে মুক্তিবেগ বেশি— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কৃত্রিম উপগ্রহটি ভূ-স্থির উপগ্রহ হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেকোনো সমতলের উপর অঙ্কিত অভিলম্বকে ঐ তলের তল ভেক্টর বলে।

খ কোনো গ্রহের মুক্তিবেগ ঐ গ্রহের ভর এবং ব্যাসার্ধের উপর নির্ভর করে। মুক্তি বেগ, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$।

মঙ্গল গ্রহের ভর, $M_m = 6.4 \times 10^{23}$ kg এবং ব্যাসার্ধ, $R_m = 3.396 \times 10^6$ m. অপরদিকে বৃহস্পতির ভর $M_j = 1.8986 \times 10^{27}$ kg এবং ব্যাসার্ধ, $R_j = 6.68 \times 10^7$m।

মঙ্গল গ্রহের মুক্তিবেগ, $v_{e,m}$ এবং বৃহস্পতি গ্রহের মুক্তিবেগ, $v_{e,j}$ হলে,

$$\frac{v_{e,m}}{v_{e,j}} = \sqrt{\frac{2GM_m}{R_m}} \times \sqrt{\frac{R_j}{2GM_j}} = \sqrt{\frac{M_m}{M_j}} \times \sqrt{\frac{R_j}{R_m}}$$

$$= \sqrt{\frac{6.4 \times 10^{23}}{1.8986 \times 10^{27}}} \times \sqrt{\frac{6.68 \times 10^7}{3.396 \times 10^{-6}}} = 0.08$$

$\therefore v_{e,j} = 12.5\, v_{e,m}$

অর্থাৎ মঙ্গল গ্রহের পৃষ্ঠ হতে বৃহস্পতির পৃষ্ঠে মুক্তিবেগ বেশি।

গ আমরা জানি,

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

$$= \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 + 3.46 \times 10^6}}$$

$= 6372.32$ ms^{-1} **(Ans.)**

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা,
$h = 3.46 \times 10^6$ m
রৈখিক বেগ, v = ?

ঘ এখানে,

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
ভূ-পৃষ্ঠ হতে কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা, $h = 3.46 \times 10^6$ m
পৃথিবীর একটি পূর্ণ ঘূর্ণনের আবর্তনকাল, $T' = 24$ ঘণ্টা।
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg

ধরি, কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল = T

$$\therefore T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}}$$

$$= 2 \times 3.1416\sqrt{\frac{(6.4 \times 10^6 + 3.46 \times 10^6)^3}{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}}$$

$= 9722$ sec $= 2.7$ h

যেহেতু কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল (T), পৃথিবীর আহ্নিক গতির আবর্তনকালের (T′ = 24 hr) সমান নয়। তাই ভূ-পৃষ্ঠ হতে কৃত্রিম উপগ্রহটি ভূ স্থির উপগ্রহ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৬ যশোর বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৩

পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে 3×10^4 km উচ্চতায় একটি কৃত্রিম উপগ্রহ 3 kms^{-1} বেগে পৃথিবীকে আবর্তন করছে।

পৃথিবীর ভর, 6×10^{24} kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, 6.4×10^3 km
উপগ্রহটির ভর, 1×10^3 kg এবং $G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কী? ১
খ. বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটিকে উল্লিখিত উচ্চতায় তুলতে কত কাজ করতে হয়েছে? ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত উচ্চতায় কৃত্রিম উপগ্রহটি স্থায়ী হবে কি? বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোনো স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য একক পরিমাণ পরিবর্তন করলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে দৈর্ঘ্য পরিবর্তনের বিপরীতে যে প্রত্যয়নী বলের উদ্ভব হয়, তাই স্প্রিং ধ্রুবক।

খ কাজ শক্তি উপপাদ্য থেকে আমরা পাই, কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান। ধরা যাক, v_0 বেগে গতিশীল m ভরের কোনো বস্তুর উপর F ধ্রুব বল ক্রিয়া করে। ফলে বস্তুটি v বেগ প্রাপ্ত হয় এবং ঐ সময়ে বস্তুটি বলের দিকে x দূরত্ব অতিক্রম করে। সুতরাং বল দ্বারা কৃতকাজ, W = Fx। বস্তুর ত্বরণ a হলে, F = ma। সুতরাং, W = max।

গতির সমীকরণ অনুযায়ী, $v^2 = v_0^2 + 2ax$ বা, $ax = \frac{v^2 - v_0^2}{2}$

সুতরাং, $W = m\left(\frac{v^2 - v_0^2}{2}\right)$

$= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

কিন্তু, $\frac{1}{2}mv_0^2$ হলো বস্তুর আদি গতিশক্তি K_0 এবং $\frac{1}{2}mv^2$ হলো বস্তুর শেষ গতিশক্তি K

$\therefore W = K - K_0 = \Delta K$

অর্থাৎ বল দ্বারা কৃতকাজ = বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তন।

গ কৃতকাজ W হলে,

$$W = \int_R^{R+h} \frac{GMm}{r^2}\,dr$$

$$= GMm\left[-\frac{1}{r}\right]_R^{R+h}$$

$$= GMm\left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h}\right]$$

এখানে,
উপগ্রহটির ভর, $m = 1 \times 10^3$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^3 \text{km} = 6.4 \times 10^6 \text{m}$
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$
উচ্চতা,
$h = 3 \times 10^4 \text{ km} = 3 \times 10^7 \text{ m}$
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg

$$= 6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 1 \times 10^3 \times \left[\frac{1}{6.4 \times 10^6} - \frac{1}{6.4 \times 10^6 + 3 \times 10^7}\right]$$

$= 5.156 \times 10^{10}$ J **(Ans.)**

ঘ কৃত্রিম উপগ্রহটি স্থায়ী হতে হলে এর উপর ক্রিয়াশীল মহাকর্ষ বল ও কেন্দ্রমুখী বল সমান হতে হবে।

উপগ্রহ ও পৃথিবীর মধ্যে ক্রিয়াশীল মহাকর্ষ বল,

$$F = \frac{GMm}{(R+h)^2}$$

$$= \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 1000}{(6.4 \times 10^6 + 3 \times 10^7)^2}$$

$= 302.183$ N

কৃত্রিম উপগ্রহের উল্লিখিত উচ্চতায় প্রদত্ত বেগে ঘোরার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল,

$$F_C = \frac{mv^2}{r} = \frac{mv^2}{R+h}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^3$ km
$= 6.4 \times 10^6$ m
উপগ্রহের ভর,
$m = 1 \times 10^3 \text{ kg} = 1000$ kg
$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$
উচ্চতা, $h = 3 \times 10^4$ km
$= 3 \times 10^7$ m
উপগ্রহের বেগ, $v = 3\text{kms}^{-1}$
$= 3000 \text{ms}^{-1}$

$$= \frac{1000 \times (3000)^2}{6.4 \times 10^6 + 3 \times 10^7} = 247.253\text{N}$$

দেখা যাচ্ছে, $F \neq F_c$ বরং $F > F_c$

তাই বলা যায়, উল্লিখিত উচ্চতায় কৃত্রিম উপগ্রহটি স্থায়ী হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৭ যশোর বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৪

24 ঘণ্টায় নিজ অক্ষে আবর্তনরত এ পৃথিবীতে একটি বস্তুর ওজন সর্বত্র সমান হওয়া সম্ভব নয়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, 6.4×10^3 km অভিকর্ষজ ত্বরণ, 9.8 ms^{-2}।

ক. ভারকেন্দ্র কী? ১
খ. ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যতই নিচে যাওয়া যায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান ততই কমতে থাকে—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পৃথিবীর মেরু বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে পৃথিবীর বিষুবীয় অঞ্চলে একটি বস্তুর ওজন শূন্য হতে হলে কৌণিক বেগের মান বৃদ্ধি করতে হবে —গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন বস্তুর ভিতরে অবস্থিত যে বিন্দুর মধ্য দিয়ে মোট ওজন ক্রিয়া করে সে বিন্দুই বস্তুর ভারকেন্দ্র।

খ R ব্যাসার্ধের পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ g এবং পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে h গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ g′ হলে, আমরা জানি,

$$g' = g\left(1 - \frac{h}{R}\right)$$

উপরোক্ত সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, গভীরতা h এর বৃদ্ধির সাথে সাথে $\left(1 - \frac{h}{R}\right)$ হ্রাস পায়, অর্থাৎ g′ এর মান কমতে থাকে। সুতরাং, পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে যতই নিচে যাওয়া যায়, অভিকর্ষজ ত্বরণের মান ততই কমতে থাকে।

গ ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 9.8 ms^{-2}।

ঘ

কোনো বস্তুর ওজন শূন্য হবে যদি কোনো স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ শূন্য হয়।
বিষুব অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ g_λ এবং কৌণিক বেগ ω_1 হলে,

$g_\lambda = g - \omega_1^2 R \cos^2\lambda$

বা, $0 = g - \omega_1^2 R(\cos 0°)^2$

বা, $\omega_1^2 = \frac{g}{R}$

এখানে,
আবর্তনকাল, T = 24 ঘণ্টা
= 86400 s
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^3$ km
$= 6.4 \times 10^6$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
বিষুবরেখার অক্ষাংশ, $\lambda = 0°$
কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{86400}$
$= 7.27 \times 10^{-5} \text{ rads}^{-1}$

$$\text{বা, } \omega_1 = \sqrt{\frac{g}{R}} = \sqrt{\frac{9.8}{6.4 \times 10^6}} = 1.237 \times 10^{-3} \text{ rads}^{-1}$$

সুতরাং পৃথিবীর বিষুবীয় অঞ্চলে একটি বস্তুর ওজন শূন্য হতে হলে কৌণিক বেগের মান $\omega_1 - \omega$

$= 1.237 \times 10^{-3} - 7.27 \times 10^{-5}$

$= 1.1647 \times 10^{-3} \text{ rads}^{-1}$ বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৮ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ | প্রশ্ন নং ৫

পৃথিবীর ভর এবং ব্যাসার্ধ যথাক্রমে $M = 6 \times 10^{24}$ kg এবং $R = 6.4 \times 10^6$ m। পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে 700 km উচ্চতায় একটি কৃত্রিম উপগ্রহ আবর্তন করছে। $[G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}]$

ক. টেনসন বল কাকে বলে? ১
খ. চাঁদে মানুষ বসবাস করতে পারে কি না? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির কেন্দ্রমুখী ত্বরণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কৃত্রিম উপগ্রহটি মহাশূন্যে মিলিয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা আছে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সঠিক সিদ্ধান্ত দাও। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো বস্তুকে দড়ি বা সুতা দ্বারা টানা হয় তখন বস্তুটির গতির বিপরীত দিকে দড়ি বা সুতার মধ্যে যে বল কাজ করে তাকে টেনসন বল বলে।

খ চাঁদে মানুষ বসবাস করতে পারে না। আমরা জানি, মানুষের বাঁচার জন্য অক্সিজেন দরকার হয়। কিন্তু চাঁদের অভিকর্ষ বল কম হওয়ায় চাঁদে কোনো বায়ুমণ্ডল নেই। তাই এখানে কোনো অক্সিজেন নেই। এ কারণে মানুষ চাঁদে বসবাস করতে পারে না।

গ আমরা জানি,

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

আবার, কেন্দ্রমুখী ত্বরণ,

$$a = \frac{v^2}{R+h} = \frac{GM}{(R+h)^2}$$
$$= \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6 + 7 \times 10^5)^2}$$
$$= 7.94 \text{ ms}^{-2} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$
উচ্চতা, $h = 700$ km
$= 7 \times 10^5$m

ঘ কৃত্রিম উপগ্রহটির বেগ,

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$
$$= \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 + 7 \times 10^5}}$$
$$= 7509.43 \text{ ms}^{-1}$$
$$\approx 7.51 \text{ kms}^{-1}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
উচ্চতা, $h = 700 \text{ km} = 7 \times 10^5$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

কৃত্রিম উপগ্রহটিকে h উচ্চতা থেকে অসীমে বা মহাশূন্যে পাঠাতে মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ,

$$W = GMm\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$
$$= GMm\left(\frac{1}{R+h} - \frac{1}{\infty}\right)$$
$$= \frac{GMm}{R+h}$$

এখানে,
আদি অবস্থান, $r_1 = R + h$
অসীমে পাঠালে শেষ অবস্থান, $r_2 = \infty$

অর্থাৎ, উপগ্রহটির বেগ v_e হলে গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv_e^2$

এখন, $\frac{1}{2}mv_e^2 = \frac{GMm}{R+h}$

বা, $v_e^2 = \frac{2GM}{R+h}$

বা, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R+h}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 + 7 \times 10^5}}$
$= 10619.94 \text{ ms}^{-1} \approx 10.62 \text{ kms}^{-1}$

দেখা যাচ্ছে, উপগ্রহটির বেগ $v < v_e$ ।
তাই বলা যায়, কৃত্রিম উপগ্রহটি মহাশূন্যে মিলিয়ে যাওয়ার কোনো সম্ভাবনা নেই।

প্রশ্ন ▸ ১৯ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৪

কোনো একটি কাল্পনিক গ্রহের ভর পৃথিবীর ভরের সমান কিন্তু ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের দ্বিগুণ। 3 kg ভরের একটি বস্তু উভয় গ্রহের পৃষ্ঠ হতে 9 kms^{-1} বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। পৃথিবীর ভর 5.97×10^{24} kg এবং ব্যাসার্ধ 6.4×10^6 m।

ক. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে? ১
খ. কৌণিক ভরবেগের দিক কীভাবে পাওয়া যায়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পৃথিবীর মুক্তিবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের নিক্ষিপ্ত বস্তুটি উভয় গ্রহে ফিরে আসবে কি-না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সমস্ত সংঘর্ষের ক্ষেত্রে সংঘর্ষে লিপ্ত বস্তুসমূহের মোট ভরবেগ ও মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

খ কৌণিক ভরবেগ, $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$; এখানে $\vec{r}$ হলো ব্যাসার্ধ ভেক্টর এবং $\vec{p}$ হলো রৈখিক ভরবেগ।

কৌণিক ভরবেগের দিক $\vec{r} \times \vec{p}$ এর দিকে। একটি ডানহাতি স্ক্রুকে $\vec{r}$ ও $\vec{p}$ এর সমতলে লম্বভাবে স্থাপন করে $\vec{r}$ থেকে $\vec{p}$ এর দিকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘুরালে স্ক্রুটি যেদিকে অগ্রসর হয়, সেটিই হলো কৌণিক ভরবেগের দিক।

গ আমরা জানি, পৃথিবীর মুক্তিবেগ,

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM_e}{R_e}}$$
$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6}}$$
$$= 11157.65 \text{ ms}^{-1}$$
$$= 11.157 \text{ kms}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর,
$M_e = 5.97 \times 10^{24}$ kg
ব্যাসার্ধ, $R_e = 6.4 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

ঘ 'গ' থেকে পাই, পৃথিবীর মুক্তিবেগ $v_e = 11.157 \text{ kms}^{-1}$
কাল্পনিক গ্রহের মুক্তিবেগ v_x হলে,

$$v_x = \sqrt{\frac{2GM_x}{R_x}}$$
$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24}}{2 \times 6.4 \times 10^6}}$$
$$= 7889.65 \text{ ms}^{-1}$$
$$= 7.889 \text{ kms}^{-1}$$

এখানে,
গ্রহের ভর,
M_x = পৃথিবীর ভর
$= 5.97 \times 10^{24}$ kg
গ্রহের ব্যাসার্ধ, R_x
$= 2 \times$ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ
$= (2 \times 6.4 \times 10^6)$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, G =
$6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

দেওয়া আছে, 3 kg ভরের বস্তুর নিক্ষেপণ বেগ, $v = 9 \text{ kms}^{-1}$। দেখা যাচ্ছে $v > v_x$ কিন্তু $v < v_e$।
যেহেতু, বস্তুর নিক্ষেপণ বেগ পৃথিবীর মুক্তিবেগ অপেক্ষা কম তাই এটি পৃথিবীতে ফিরে আসবে। কিন্তু বস্তুর নিক্ষেপণ বেগ কাল্পনিক গ্রহটির মুক্তিবেগ অপেক্ষা বেশি হওয়ায় বস্তুটি কাল্পনিক গ্রহে ফিরে আসবে না।

প্রশ্ন ▸ ২০ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

পৃথিবীর পৃষ্ঠ হতে 3.6×10^4 km উচ্চতায় বঙ্গবন্ধু স্যাটেলাইট স্থাপিত। এটি U-19 বিশ্বকাপ ক্রিকেট খেলা সম্প্রচারের জন্য নির্ধারিত। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $R = 6.4 \times 10^6$ m।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১
খ. মহাকর্ষীয় বিভব অসীমে সর্বাধিক কিন্তু শূন্য— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্যাটেলাইটের রৈখিক বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত উপগ্রহটি U-19 বিশ্বকাপের ম্যাচগুলো সম্প্রচার করতে সক্ষম কি না— ব্যাখ্যা করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয় তাই পার্কিং কক্ষপথ।

খ কোনো বস্তুর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র এর ভারকেন্দ্র থেকে অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত। মহাকর্ষীয় বল আকর্ষণধর্মী হওয়ায় এই বিভব সর্বদা ঋণাত্মক হয়। যেমন: পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে অসীম পর্যন্ত মহাকর্ষীয় বিভব $V = -\frac{GM}{R+h}$ সূত্র দ্বারা পরিবর্তিত হয়। এখানে R হলো পৃথিবীর ব্যাসার্ধ এবং h হলো ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা। অর্থাৎ ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে ওঠা যায় মহাকর্ষীয় বিভব তত বাড়তে থাকে। অসীম দূরত্বের ক্ষেত্রে অর্থাৎ যখন $h = \infty$ তখন $V = 0$ হয়; যা সর্বাধিক। আবার ভূ-পৃষ্ঠ থেকে h গভীরতায় বিভবের মান $V = -GM\ \frac{3R^2 - (R-h)^2}{2R^3}$ অর্থাৎ যত গভীরে যাওয়া যায় V তত কমতে থাকে এবং কেন্দ্রে $V_0 = -\frac{3}{2}\frac{GM}{R}$ যা সর্বনিম্ন।
সুতরাং দেখা যাচ্ছে মহাকর্ষীয় বিভব অসীমে সর্বাধিক কিন্তু শূন্য।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: স্যাটেলাইটের রৈখিক বেগ হবে 3072.9 ms^{-1}।

ঘ কৃত্রিম উপগ্রহটির পর্যায়কাল T হলে,

$$T = 2\pi(R+h)\sqrt{\frac{R+h}{GM}}$$
$$= 2 \times 3.1416 \times (6.4 \times 10^6 + 36 \times 10^6) \times \sqrt{\frac{6.4 \times 10^6 + 36 \times 10^6}{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}}$$
$$= 86694.88627 \text{ sec}$$
$$= 24.0819 \text{ hr} \approx 24\text{hr}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা,
$h = 3.6 \times 10^4$ km
$= 36 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m

অতএব, কৃত্রিম উপগ্রহটি একটি ভূস্থির উপগ্রহ। এ কারণে উপগ্রহটির সাহায্যে U–19 বিশ্বকাপের ম্যাচগুলো সরাসরি সম্প্রচার করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ২১ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

পৃথিবীর পৃষ্ঠ হতে 500 km উচ্চতায় একটি কৃত্রিম উপগ্রহ স্থাপন করা হলো। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km এবং পৃথিবীর পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.81 ms^{-2}।

ক. দশা কী? ১
খ. পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন হবে কি? ২
গ. উদ্দীপকের উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের উপগ্রহটি ভূস্থির উপগ্রহে রূপান্তর সম্ভব কি না—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার মতামত দাও। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা (সরণ, বেগ, ত্বরণ) প্রকাশকারী রাশিই দশা।

খ আমরা জানি, পৃথিবীর ঘনত্ব ρ, ব্যাসার্ধ R এবং মহাকর্ষীয় ধ্রুবক G হলে, ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{4}{3}G\pi R\rho$

অর্থাৎ, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ ধ্রুব থাকলে, $g \propto \rho$ [$\because$ G, π ধ্রুবক]
অতএব, পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ সমানুপাতে পরিবর্তিত হবে, যদি পৃথিবীর ব্যাসার্ধ অপরিবর্তিত থাকে।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8.44 ms^{-1}।

ঘ আমরা জানি,
কৃত্রিম উপগ্রহের পর্যায়কাল,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}} \ldots (i)$$

এখন, ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ g হলে,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

$$\text{বা, } GM = gR^2 \ldots (ii)$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
R = 6400 km
$= 6.4 \times 10^6$m
ভূপৃষ্ঠ হতে উচ্চতা,
h = 500 km = 5×10^5m
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
g = 9.81 ms^{-2}

$\therefore$ (i) নং হতে পাই, $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(6.4 \times 10^6 + 5 \times 10^5)^3}{9.81 \times (6.4 \times 10^6)^2}}$$

$$= 5681.2 \text{ s} = 1.578 \text{ hr}$$

সুতরাং, 500 km উচ্চতায় কৃত্রিম উপগ্রহটি ভূস্থির থাকবে না।
এখন, ভূপৃষ্ঠ হতে ভূস্থির উপগ্রহের উচ্চতা,

$$h = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$$

এখানে,
ভূস্থির উপগ্রহের পর্যায়কাল,
T = 24 hr
= 24 × 3600 = 86400 s

$$= \left(\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R \quad [\text{(ii) নং হতে } GM = gR^2 \text{ বসিয়ে}]$$

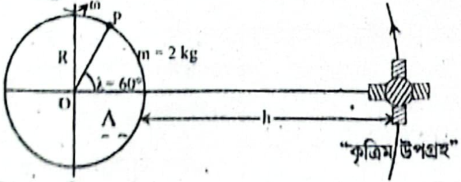
$$= \left\{\frac{9.81 \times (6.4 \times 10^6)^2 \times (86400)^2}{4 \times (3.1416)^2}\right\}^{\frac{1}{3}} - 6.4 \times 10^6$$

$$= 3.595 \times 10^7\text{m} = 35954 \text{ km}$$

সুতরাং, উদ্দীপকে উল্লেখিত উপগ্রহের উচ্চতা (35954 – 500) km বা, 35454 km বৃদ্ধি করে সেটিকে ভূস্থির উপগ্রহে রূপান্তর করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ২২ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৬

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R = 6.4×10^6 m এবং আবর্তনকাল 24 ঘণ্টা। পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা h = 3.6×10^7m। পৃথিবীর ভর M = 6×10^{24} kg



ক. মুক্তিবেগ কী? ১
খ. বিষুবীয় অঞ্চলে বস্তুর ওজন হ্রাস পাওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. P বিন্দুতে m ভরের বস্তুর উপর কার্যকর অভিকর্ষ বলের মান কত? ৩
ঘ. ভূ-পৃষ্ঠ হতে কৃত্রিম উপগ্রহটিকে স্থির বলে মনে হবে কি? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে কোনো গ্রহের পৃষ্ঠ হতে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগই উক্ত গ্রহের মুক্তিবেগ।

খ আমরা জানি, ওজন হচ্ছে বস্তুর ভর ও অভিকর্ষজ ত্বরণের গুণফল। সুতরাং যেখানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান কম সেখানে বস্তুর ওজনও কম। পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে বিষুবীয় অঞ্চলের দূরত্ব বেশি হওয়া এবং পৃথিবীর ঘূর্ণনের ফলে বিষুবীয় অঞ্চলে কেন্দ্রবিমুখী বল সর্বাধিক হওয়ার কারণে বিষুবীয় অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান ভূ-পৃষ্ঠের অন্যান্য অঞ্চল অপেক্ষা কম হয়। তাই অন্য অঞ্চল থেকে কোনো বস্তুকে বিষুবীয় অঞ্চলে আনলে ওজন হ্রাস পায়।

গ আমরা জানি,

$$g_\lambda = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$$

$$= g - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \times R\cos^2\lambda$$

$$= 9.8 - \left(\frac{2 \times 3.1416}{86400}\right)^2 \times 6.4 \times 10^6 \times \cos^2 60°$$

$$= 9.792 \text{ ms}^{-2}$$

আবার, $F_\lambda = mg_\lambda = 2 \times 9.792$
= 19.584 N **(Ans.)**

এখানে, অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8$ ms^{-2}
আবর্তনকাল, T = 24 ঘণ্টা
= 24 × 3600 sec = 86400 sec
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m
অক্ষাংশ, λ = 60°
P বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর ভর,
m = 2 kg
P বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ = g_λ
P বিন্দুতে বস্তুর উপর কার্যকর অভিকর্ষজ বল, F_λ = ?

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: কৃত্রিম উপগ্রহের পর্যায়কাল 24 hr। তাই ভূ-পৃষ্ঠ হতে কৃত্রিম উপগ্রহটিকে স্থির বলে মনে হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৩ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৪

সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর কক্ষপথ উপবৃত্তাকার। সূর্য হতে পৃথিবীর নিকটতম ও দূরতম দূরত্ব যথাক্রমে 1.47×10^{14} m এবং 1.52×10^{14} m। একজন শিক্ষার্থী হিসাব করে বললো পৃথিবীকে নিকটতম হতে দূরতম দূরত্বে সরাতে মহাকর্ষ বলের বিরুদ্ধে 1.8×10^{29} J কাজ সম্পাদন করতে হয়। সূর্য ও পৃথিবীর ভর যথাক্রমে 2×10^{30} kg এবং 5.96×10^{24} kg.

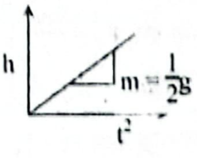
ক. মহাকর্ষ বিভব কাকে বলে? ১
খ. মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে h বনাম t^2 লেখচিত্রের প্রকৃতি কীরূপ হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সূর্য হতে ন্যূনতম দূরত্বে পৃথিবীর কেন্দ্রাভিমুখী বল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত শিক্ষার্থীর হিসাবের যথার্থতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ বিন্দুর মহাকর্ষ বিভব বলে।

খ মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে h বনাম t^2 লেখচিত্রের প্রকৃতি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা হবে।

আমরা জানি, $h = ut + \frac{1}{2}gt^2$। স্থিরাবস্থান হতে মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে u = 0। সুতরাং, $h = \frac{1}{2}gt^2$ বা, $h \propto t^2$। অর্থাৎ স্থিরাবস্থান হতে মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর t সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব (h), ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক। তখন, h = y, t^2 = x হলে $h = \frac{1}{2}gt^2$ সমীকরণটি y = mx প্রকৃতির যা মূলবিন্দুগামী সরলরেখার সমীকরণ, যেখানে ঢাল $m = \frac{1}{2}g$। এর লেখচিত্রটি হবে:

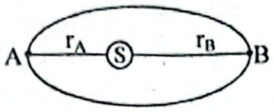


গ সূর্য হতে, ন্যূনতম দূরত্বে পৃথিবীর কেন্দ্রবিমুখী বল = ঐ দূরত্বে পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যকার মাধ্যাকর্ষণ বল,

$$\Rightarrow F_C = G\frac{M_s M_e}{d^2}$$
$$= 6.673 \times 10^{-11} \times \frac{2 \times 10^{30} \times 5.96 \times 10^{24}}{(1.47 \times 10^{14})^2}$$
$$= 3.68 \times 10^{16} N \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
সূর্যের ভর, $M_s = 2 \times 10^{30} kg$
পৃথিবীর ভর, $M_e = 5.96 \times 10^{24} kg$
পৃথিবী ও সূর্যের ন্যূনতম দূরত্ব
$d = 1.47 \times 10^{14} m$
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$
ন্যূনতম দূরত্বে পৃথিবীর কেন্দ্রবিমুখী বল, $F_C = ?$

ঘ ধরা যাক, সূর্য S, সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর কক্ষপথে সূর্য ও পৃথিবীর নিকটতম বিন্দু A এবং সূর্য ও পৃথিবীর দূরতম বিন্দু B।



সূর্য S এর অবস্থানের জন্য A বিন্দুর বিভব, $V_A = -\frac{GM}{r_A}$

একইভাবে, B বিন্দুর বিভব $V_B = -\frac{GM}{r_B}$

A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $\Delta V = V_B - V_A = -\frac{GM}{r_B} + \frac{GM}{r_A}$
$$= GM\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$$

$\therefore$ m kg ভরকে A থেকে B তে নিতে
কৃতকাজ, $W = \Delta V m$
$$= GMm\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$$
$$= 6.673 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{30} \times 5.96 \times 10^{24}\left(\frac{1}{1.47 \times 10^{14}} - \frac{1}{1.52 \times 10^{14}}\right)$$
$$= 1.78 \times 10^{29} J$$
$\therefore$ পৃথিবীকে নিকটতম (A) হতে দূরতম (B) দূরত্বে সরাতে মহাকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজ $1.78 \times 10^{29} J \approx 1.8 \times 10^{29} J$।

এখানে,
সূর্য থেকে পৃথিবীর নিকটতম দূরত্ব, $r_A = 1.47 \times 10^{14} m$
দূরতম দূরত্ব,
$r_B = 1.52 \times 10^{14} m$
সূর্যের ভর, $M = 2 \times 10^{30} kg$
পৃথিবীর ভর, $m = 5.96 \times 10^{24} kg$
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$

সুতরাং, উদ্দীপকে উল্লিখিত শিক্ষার্থীর হিসাব যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ২৪ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

ঢাকার ভূ-পৃষ্ঠ হতে খাড়া 26000 km উপরে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ স্থাপন করা হলো। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km এবং ভর 6×10^{24} kg.

ক. মুক্তিবেগের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. একই কক্ষপথে স্থাপিত দু'টি ভিন্ন ভরের স্যাটেলাইটের বেগ কি একই হবে, না ভিন্ন হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির কক্ষীয় বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উপগ্রহটিকে সব সময় ঢাকার উপর দেখা যাবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মত দাও। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে কোনো গ্রহের পৃষ্ঠ হতে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগকে উক্ত গ্রহের মুক্তিবেগ বলে।

খ আমরা জানি, m ভরের কোন উপগ্রহ যদি r ব্যাসার্ধের কক্ষপথে v বেগে ঘুরে তাহলে, কেন্দ্রমুখী বল, $F_C = \frac{mv^2}{r}$

এবং মহাকর্ষীয় বল, $F_G = \frac{GMm}{r^2}$

উপগ্রহটি নিজ অবস্থানে থাকতে হলে $F_C = F_G$ হবে।

অর্থাৎ, $\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ বা, $v^2 = \frac{GM}{r}$ $\therefore v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

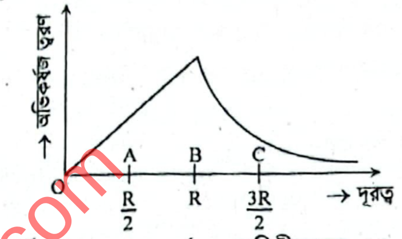
সমীকরণটি হতে দেখা যায়, উপগ্রহের গতিবেগ উপগ্রহের ভর m এর উপর নির্ভরশীল নয়। অর্থাৎ একই কক্ষপথে স্থাপিত দুটি ভিন্ন ভরের স্যাটেলাইটের গতিবেগ একই হবে।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: উদ্দীপকে কৃত্রিম উপগ্রহটির কক্ষীয় বেগ হবে $3514.52 ms^{-1}$।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: আবর্তনকাল, $T = 57924.18 sec = 16.09 hr$
যেহেতু কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল (T), পৃথিবীর আহ্নিক গতির আবর্তনকালের ($T' = 24$ hr) সমান নয়, তাই সব সময় কৃত্রিম উপগ্রহটিকে ঢাকার উপর দেখা যাবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৫ সিলেট বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

দূরত্বের সাপেক্ষে পৃথিবীর অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তনের লেখচিত্র নিম্নে প্রদত্ত হলো :



পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m, পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg এবং মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$।

ক. অশ্বক্ষমতা কী? ১
খ. বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. যখন কোনো বস্তু A বিন্দুতে অবস্থান করে তখন অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত A ও C বিন্দুর মধ্যে কোথায় কোনো একটি বস্তু বেশি ওজন অনুভব করবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 1 সেকেন্ডে 746 জুল কাজ করার ক্ষমতাই হলো 1 অশ্বক্ষমতা।

খ বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত বস্তুর ওপর কেন্দ্রমুখী বল ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে যে কোনো মুহূর্তে কেন্দ্রমুখী বলের ($\vec{F_c}$) দিক বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর, কিন্তু প্রতিটি ক্ষুদ্র সময়ে বস্তুর ক্ষুদ্র সরণ ($\vec{ds}$) হয় বৃত্তের স্পর্শক বরাবর যা স্পর্শ বিন্দু হতে কেন্দ্রের সংযোজক রেখার সাথে লম্ব হয়। ফলে $\vec{F_c}$ ও $\vec{ds}$ এর মধ্যকার কোণ $\theta = 90°$। সুতরাং কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = \vec{F_c}.\vec{ds} = F_c \times ds \cos 90° = 0$। অর্থাৎ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয় তথা কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না।

গ লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, A বিন্দুর অবস্থান ভূপৃষ্ঠ থেকে গভীরে এবং এর গভীরতা, $h = R - \frac{R}{2} = \frac{R}{2}$।

আমরা জানি,
ভূপৃষ্ঠ থেকে h গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_h = g\left(1 - \frac{h}{R}\right)$$
$$\text{বা, } g_h = g\left(1 - \frac{\frac{R}{2}}{R}\right)$$
$$\text{বা, } g_h = g\left(1 - \frac{1}{2}\right)$$
$$\therefore g_h = \frac{g}{2}$$

এখানে,
গভীরতা, $h = \frac{R}{2}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6 m$
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24} kg$
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$

এখন, ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{6.673\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{(6.4\times10^6)^2} = 9.7749\ ms^{-2}$$

∴ A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_A = \frac{g}{2} = \frac{9.7749}{2}$

$= 4.88745\ ms^{-2}$ (Ans.)

ঘ 'গ' থেকে পাই A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_A = 4.88745\ ms^{-2}$ উদ্দীপক থেকে দেখা যায়, C বিন্দুর অবস্থান ভূপৃষ্ঠ থেকে উচ্চতায় এবং এর উচ্চতা h $= \frac{3R}{2} - R = \frac{R}{2}$

আমরা জানি, $g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$ ভূপৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ,

∴ C বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_C = \frac{GM}{\left(R + \frac{R}{2}\right)^2} = \frac{GM}{\left(\frac{3R}{2}\right)^2} = \frac{4GM}{9R^2}$$

$$= \frac{4}{9}\times\frac{6.673\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{(6.4\times10^6)^2}$$

$$= 4.3444\ ms^{-2}$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
R = 6.4 × 10⁶ m
পৃথিবীর ভর, M = 6 × 10²⁴ kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, G = 6.673 × 10⁻¹¹ Nm²kg⁻²

এখন, ওজন W = mg; যখন m ধ্রুবক তখন W ∝ g। অর্থাৎ অভিকর্ষজ ত্বরণের মান যেখানে বেশি, বস্তুর ওজনও সেখানে বেশি।

দেখা যাচ্ছে, $g_A > g_C$। অতএব $W_A > W_C$।

সুতরাং, উদ্দীপকে বর্ণিত A ও C বিন্দুর মধ্যে A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান বেশি হওয়ায়, A বিন্দুতে একটি বস্তু বেশি ওজন অনুভব করবে।

প্রশ্ন ▶ ২৬ যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪

কৃত্রিম উপগ্রহ উৎক্ষেপণ কেন্দ্র হতে 3.6 × 10⁴ km উচ্চতায় একটি কৃত্রিম উপগ্রহ উৎক্ষেপণ করা হলো। যেখানে অভিকর্ষজ ত্বরণ g = 9.8 ms⁻²। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ এবং মহাকর্ষ ধ্রুবক যথাক্রমে 6.4 × 10⁶ m এবং 6.7 × 10⁻¹¹ Nm² kg⁻²।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১
খ. মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভরশীল নয়– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কৃত্রিম উপগ্রহটি ভূস্থির হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয় তাই পার্কিং কক্ষপথ।

খ যেকোনো গ্রহ বা উপগ্রহের জন্য মুক্তি বেগের রাশিমালা–

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

এখানে, G মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, M ও R যথাক্রমে উক্ত গ্রহ বা উপগ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধ।

দেখা যাচ্ছে, মুক্তিবেগের রাশিমালায় বস্তুর ভর, m অনুপস্থিত। সুতরাং বস্তু ছোট বা বড়, ভারী বা হালকা যাই হোক না কেন তার মুক্তিবেগের মান একই হবে। তাই মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভরশীল নয়।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 3072.24 ms⁻¹।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: কৃত্রিম উপগ্রহটির পর্যায়কাল, T = 24 h। তাই, ভূ-পৃষ্ঠ হতে কৃত্রিম উপগ্রহটিকে স্থির বলে মনে হবে কিন্তু কৃত্রিম উপগ্রহটি প্রকৃতপক্ষে ভূপৃষ্ঠের সাপেক্ষে স্থির নয়।

প্রশ্ন ▶ ২৭ দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৪

A এবং B একই উপাদান এবং একই গড় ঘনত্ববিশিষ্ট দুটি গ্রহ (গোলাকার)। A গ্রহের ভর 5.93 × 10²⁴ kg, ব্যাসার্ধ 6.93 × 10⁶ m এবং B গ্রহের ব্যাসার্ধ 3 × 10⁶ m।

ক. মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র কী? ১
খ. কখন বস্তুর ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র একই বিন্দুতে থাকে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. A গ্রহের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. A ও B উভয় গ্রহের পৃষ্ঠে মহাকর্ষীয় প্রাবল্যের মান কি একই হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর চারদিকে যে অঞ্চলব্যাপী মহাকর্ষ বলের প্রভাব বিদ্যমান তাই ঐ বস্তুর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র।

খ বস্তু কণাগুলোর সমগ্র ভরকে একটি মাত্র বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত মনে করলে ঐ বিন্দুর মধ্য দিয়েই সমগ্র কণার উপর ক্রিয়ারত সমান্তরাল বলগুলোর লব্ধি ক্রিয়া করে বলে বিবেচিত হয়। ঐ বিন্দুকে বস্তুর ভরকেন্দ্র বলে। আবার কোনো বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন তার ওজন যে নির্দিষ্ট বিন্দুর মধ্য দিয়ে বস্তুর উপর ক্রিয়া করে, তাকে বস্তুর ভারকেন্দ্র বলে। বস্তুর আকৃতি সুষম হলে এবং বস্তুর বিভিন্ন বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ সমান হলে বস্তুর ভরকেন্দ্র ও ভারকেন্দ্র একই বিন্দুতে হয়।

গ A গ্রহের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব,

$$V_A = -\frac{GM_A}{R_A}$$

$$= -\frac{6.673\times10^{-11}\times5.93\times10^{24}}{6.93\times10^6}$$

$$= -5.71\times10^7\ J/kg\ (Ans.)$$

এখানে,
A গ্রহের ক্ষেত্রে,
ভর, $M_A = 5.93\times10^{24}$ kg
ব্যাসার্ধ, $R_A = 6.93\times10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673\times10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$

ঘ A গ্রহের আয়তন V_A হলে,

গড় ঘনত্ব, $\rho_A = \frac{M_A}{V_A} = \frac{M_A}{\frac{4}{3}\pi R_A^3}$

অনুরূপভাবে,

B গ্রহের গড় ঘনত্ব, $\rho_B = \frac{M_B}{V_B}$

$= \frac{M_B}{\frac{4}{3}\pi R_B^3}$

এখানে,
A গ্রহের ক্ষেত্রে,
ভর, $M_A = 5.93\times10^{24}$ kg
ব্যাসার্ধ, $R_A = 6.93\times10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673\times10^{-11}$ Nm²kg⁻²

[যেখানে, M_B = B গ্রহের ভর]

উভয় গ্রহের গড় ঘনত্ব সমান হওয়ায়,

$\rho_A = \rho_B$

বা, $\frac{M_A}{\frac{4}{3}\pi R_A^3} = \frac{M_B}{\frac{4}{3}\pi R_B^3}$

বা, $\frac{M_A}{R_A^3} = \frac{M_B}{R_B^3}$

বা, $M_B = \frac{M_A R_B^3}{R_A^3} = \frac{5.93\times10^{24}\times(3\times10^6)^3}{(6.93\times10^6)^3} = 4.81\times10^{23}$ kg

এখন, A গ্রহের পৃষ্ঠে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য

$$E_A = \frac{GM_A}{R_A^2} = \frac{6.673\times10^{-11}\times5.93\times10^{24}}{(6.93\times10^6)^2} = 8.24\ Nkg^{-1}$$

আবার, B গ্রহের পৃষ্ঠে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য,

$$E_B = \frac{GM_B}{R_B^2} = \frac{6.673\times10^{-11}\times4.81\times10^{23}}{(3\times10^6)^2} = 3.566\ Nkg^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে, $E_A \neq E_B$

অর্থাৎ, A ও B উভয় গ্রহের পৃষ্ঠে মহাকর্ষীয় প্রাবল্যের মান একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪

পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6×10^{24} kg এবং 6400 km। এর পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.8\ ms^{-2}$। মহাকর্ষীয় ধ্রুবক $6.673 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$। এর পৃষ্ঠ থেকে একটি উপগ্রহকে 700 km উচ্চতায় তোলা হলো।

ক. ভূ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে? ১

খ. পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ পরিবর্তন হবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে কত উচ্চতায় উপগ্রহের ওজন পৃথিবী পৃষ্ঠের ওজনের 80% হবে? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের উৎক্ষেপিত উপগ্রহটি চাঁদের মতো উপগ্রহ হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের দিকের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘণ্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু ভূ-পৃষ্ঠের একজন পর্যবেক্ষকের কাছে একে স্থির মনে হবে। এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূস্থির উপগ্রহ বলে।

খ আমরা জানি, পৃথিবীর ঘনত্ব ρ, ব্যাসার্ধ R এবং মহাকর্ষীয় ধ্রুবক G হলে,

ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{4}{3} G\pi R\rho$

অর্থাৎ, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ অপরিবর্তনশীল হলে, $g \propto \rho$ [$\because$ G, π ধ্রুবক]

অতএব, পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ সমানুপাতে পরিবর্তিত হবে, যদি পৃথিবীর ব্যাসার্ধ অপরিরর্তিত থাকে।

গ এখানে, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\ km = 6.4 \times 10^6 m$

পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

ধরি, ভূ-পৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় উপগ্রহটির ওজন পৃথিবী পৃষ্ঠের ওজনের 80% হবে। অর্থাৎ, h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ (g′) পৃথিবীপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণের (g) 80% হবে।

এখানে, $g' = g$ এর $\frac{80}{100}$ বা, $g' = \frac{4g}{5}$ হবে।

আমরা জানি,

$$g' = \frac{R^2 g}{(R+h)^2}$$

$$\text{বা, } \frac{4}{5} g = \frac{R^2 g}{(R+h)^2}$$

$$\text{বা, } (R+h)^2 = \frac{5}{4} R^2$$

$$\text{বা, } R + h = \sqrt{\frac{5}{4}} \times R$$

$$\text{বা, } h = \sqrt{\frac{5}{4}} R - R$$

$$\text{বা, } h = R\left(\sqrt{\frac{5}{4}} - 1\right)$$

$$\text{বা, } h = 6.4 \times 10^6 \left(\sqrt{\frac{5}{4}} - 1\right)$$

$$\therefore h = 7.55 \times 10^5 m\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি,

কৃত্রিম উপগ্রহটির পর্যায়কাল T হলে,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(6.4 \times 10^6 + 7 \times 10^5)^3}{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}}$$

$$= 5940.61 s$$

$$= 1.65\ hr$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর,
$M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6400$ km
$= 6.4 \times 10^6 m$
ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা,
$h = 700\ km = 7 \times 10^5 m$
উপগ্রহের পর্যায়কাল, T = ?

কিন্তু পৃথিবীর চারপাশে চাঁদের পর্যায়কাল প্রায় 27 দিনের মতো। সুতরাং, দেখা যাচ্ছে, কৃত্রিম উপগ্রহটির পর্যায়কাল চাঁদের পর্যায়কালের চেয়ে অনেক কম। তাই কৃত্রিম উপগ্রহটি চাঁদের ন্যায় উপগ্রহে পরিণত হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৯ ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট, যশোর বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৬

5 kg ভরের একটি বস্তু ভূ-পৃষ্ঠ হতে মুক্তিবেগে নিক্ষেপ করায় সেটি মহাশূন্যের অন্য একটি গ্রহে পৌঁছায় যার ভর পৃথিবীর ভরের ষোল গুণ এবং ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসার্ধের আট গুণ। (পৃথিবীর ভর $= 6 \times 10^{24}$ kg, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $= 6.4 \times 10^3$ km)

ক. কাজ শক্তি উপপাদ্যটি লিখো। ১

খ. কোনো একটি যন্ত্রের ক্ষমতা 50MW– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত অন্য গ্রহের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বস্তুটির ভর অর্ধেক হলে ঐ বস্তুটিকে পুনরায় অন্য গ্রহটি হতে মহাশূন্যে নিক্ষেপ করতে প্রয়োজনীয় মুক্তিবেগ ভূপৃষ্ঠের মুক্তিবেগের সমান হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক তোমার মতামত দাও। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ কোন একটি যন্ত্রের ক্ষমতা 50 MW বলতে বোঝায় যে বস্তুটি প্রতি সেকেন্ডে 50 MJ বা 50×10^6 J পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে অথবা সেকেন্ডে 50 MJ শক্তিকে অন্যান্য ব্যবহারযোগ্য শক্তিতে রূপান্তরিত করে।

গ ধরি, পৃথিবীর, ভর = M
ব্যাসার্ধ = R

দেওয়া আছে,
উক্ত গ্রহের, ভর $M' = 16\ M$

ব্যাসার্ধ = 4R, [কেননা উক্ত গ্রহের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসার্ধের 8 গুণ = উক্ত গ্রহের ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের 4 গুণ।]

আমরা জানি,

$$g' = \frac{GM'}{R'^2} = \frac{G \times 16\ M}{(4R)^2} = \frac{GM}{R^2} = g = \frac{GM}{R^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6)^2}$$

$$= 9.77\ ms^{-2}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উল্লিখিত গ্রহে মুক্তিবেগ, $v_e' = \sqrt{\frac{2GM'}{R'}} = \sqrt{\frac{2G \times 16\ M}{4R}}$

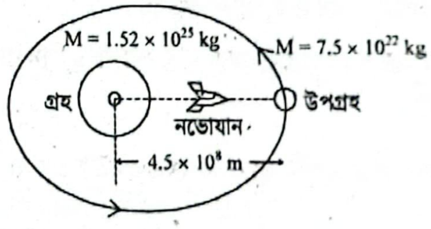
$$= \sqrt{4 \cdot \frac{2GM}{R}}$$

$$= 2\sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$= 2 \times v_e\ [v_e = \text{ভূ-পৃষ্ঠে মুক্তিবেগ}]$$

অতএব, উল্লিখিত গ্রহের মুক্তিবেগ পৃথিবীর মুক্তিবেগের দ্বিগুণ। যেহেতু মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভর করে না, তাই বস্তুর ভর অর্ধেক করা হলেও উক্ত গ্রহের মুক্তিবেগ ভূ-পৃষ্ঠের মুক্তিবেগের সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩০ রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম, বরিশাল বোর্ড ২০১৮ । প্রশ্ন নং ৩



উপরের উদ্দীপকটি লক্ষ করো।

ক. কৌণিক ত্বরণ কাকে বলে? ১

খ. পরম শূন্য তাপমাত্রায় গ্যাস অণুর বেগ শূন্য হওয়ার কারণ কী? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উপগ্রহটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গ্রহ থেকে উপগ্রহের দিকে যাওয়ার পথে কোনো স্থানে নভোযানটির ওপর লব্ধি বল শূন্য হবে কিনা– গাণিতিকভাবে সিদ্ধান্ত দাও। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে সময়ের সাথে বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তনের হারকে কৌণিক ত্বরণ বলে।

খ পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাস অণুসমূহের বেগ শূন্য হয়। কারণ—
পরম শূন্য তাপমাত্রা হলো, $T = 0K$
আবার, আমরা জানি,

অণুর গড় গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}KT$
যেহেতু, $T = 0\,K$
$\therefore E_k = 0$

যেখানে,
$K =$ বোল্টজম্যান ধ্রুবক
$= 1.38 \times 10^{-23}\,JK^{-1}$

সুতরাং কোনো অণুর গতিশক্তি শূন্য বিধায় এর বেগও শূন্য হবে।

গ যেহেতু উপগ্রহটি গ্রহ হতে সর্বোচ্চ দূরত্বে আছে, সুতরাং,

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 1.52 \times 10^{25}}{4.5 \times 10^8}}$$

$$= 1.5\,kms^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
উপগ্রহের দূরত্ব,
$r = 4.5 \times 10^8\,m$
এবং ভর, $m = 7.5 \times 10^{22}\,kg$
গ্রহের ভর, $M = 1.52 \times 10^{25}\,kg$
উপগ্রহের বেগ, $v = ?$

ঘ ধরি, গ্রহ হতে x দূরত্বে নভোযানটির ওপর লব্ধি বল শূন্য হবে।

$$\therefore F_{\text{গ্রহ}} = F_{\text{উপগ্রহ}}$$

বা, $\frac{GMm_1}{x^2} = \frac{Gmm_1}{(4.5 \times 10^8 - x)^2}$ [m_1 = নভোযানের ভর]

বা, $\left(\frac{4.5 \times 10^8 - x}{x}\right)^2 = \frac{Gmm_1}{GMm_1}$

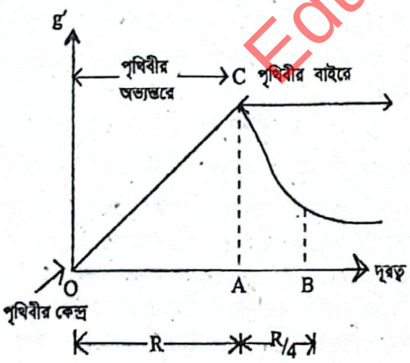
বা, $\frac{4.5 \times 10^8}{x} - 1 = \sqrt{\frac{m}{M}}$ [শুধু ধনাত্মক অংশ নিয়ে]

বা, $\frac{4.5 \times 10^8}{x} = \sqrt{\frac{m}{M}} + 1 = \sqrt{\frac{7.5 \times 10^{22}}{1.52 \times 10^{25}}} + 1$

$\therefore x = 4.2 \times 10^8\,m$

অতএব, গ্রহ থেকে উপগ্রহের দিকে যাওয়ার পথে গ্রহ হতে 4.2×10^8 m দূরত্বে নভোযানটির ওপর লব্ধি বল শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩১ ঢাকা বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৪



উদ্দীপকে পৃথিবীর কেন্দ্র হতে দূরত্ব সাপেক্ষে অভিকর্ষজ ত্বরণের লেখচিত্র দেখানো হয়েছে। পৃথিবীর ভর, $M = 6.0 \times 10^{24}$ kg এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400$ km.

ক. গ্রাডিয়েন্ট কাকে বলে? ১
খ. পৃথিবীর অভ্যন্তরে ও উপরে সমান দূরত্বে, 'g' এর মান সমান নয় কেন? ২
গ. উদ্দীপকের A বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য নির্ণয় কর। ৩
ঘ. একটি সেকেন্ড দোলককে A অবস্থান হতে B অবস্থানে নিলে সেকেন্ড দোলকটি দ্রুত না ধীরে চলবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উপস্থাপন কর। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্কেলার ক্ষেত্রের গ্রাডিয়েন্ট একটি ভেক্টর ক্ষেত্র, যা স্কেলার ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে এর বৃদ্ধির হার ও বৃদ্ধির দিক নির্দেশ করে।

খ ভূপৃষ্ঠ থেকে সমান গভীরতা ও উচ্চতা d হলে ভূপৃষ্ঠ হতে d উচ্চতা ও d গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ যথাক্রমে g' ও g'' হলে, $g' = g\left(1 - \frac{2d}{R}\right)$ ও $g'' = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$

অর্থাৎ $g' = \frac{g}{R}(R - 2d)$ এবং $g'' = \frac{g}{R}(R - d)$

এখানে দেখা যাচ্ছে যে, $R - 2d < R - d$, অর্থাৎ $g' < g''$।

সুতরাং বলা যায় পৃথিবীর অভ্যন্তরে ও উপরে সমান দূরত্বে 'g' এর মান সমান নয়।

গ দেওয়া আছে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400$ km
পৃথিবীর ভর, $M = 6.0 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে A বিন্দুর দূরত্ব $= R = 6400\,km = 6.4 \times 10^6\,m$
জানা আছে, মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}\,N{\cdot}m^2{\cdot}kg^{-2}$
আমরা জানি,

মহাকর্ষীয় প্রাবল্য, $E = \frac{F}{m} = \frac{GM}{R^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6)^2}\,Nkg^{-1}$

$= 9.775\,Nkg^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক থেকে পাই,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\,km = 6.4 \times 10^6\,m$
পৃথিবীর ভর, $M = 6.0 \times 10^{24}$ kg
A অবস্থান হল পৃথিবী পৃষ্ঠ
মনে করি, A অবস্থানে সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল $= T_1$
এবং B অবস্থানে সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল $= T_2$

A অবস্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{R^2}$

B অবস্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = \frac{GM}{(R + R/4)^2}$ $\therefore \frac{g'}{g} = \frac{R^2}{(R + R/4)^2}$

যেহেতু একটি নির্দিষ্ট দোলকের জন্য $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$

এখন, $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{g'}{g}} = \frac{R}{(R + R/4)} = \frac{4R}{5R} = \frac{4}{5}$

বা, $T_2 = \frac{5 \times T_1}{4} = 1.25\,T_1$ ।

$\therefore T_2 > T_1$

অর্থাৎ, B অবস্থানে সেকেন্ড দোলকটির দোলনকাল বৃদ্ধি পায়।
অতএব, A অবস্থান থেকে B অবস্থানে নিলে সেকেন্ড দোলকটি ধীরে চলবে।

প্রশ্ন ▸ ৩২ সিলেট বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৭

কোনো গ্রহের একটি কৃত্রিম উপগ্রহ বৃত্তাকার কক্ষপথে $7.8\,km{\cdot}s^{-1}$ বেগে ঘুরছে যেখানে অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.0\,m{\cdot}s^{-2}$। অন্য একটি গ্রহের সাথে গ্রহটির ভর ও ব্যাসার্ধের অনুপাত যথাক্রমে 80 ঃ 1 ও 4 ঃ 1।

ক. মহাকর্ষীয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. বিষুবীয় অঞ্চলে বস্তুর ওজন হ্রাস পাওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ২
গ. বৃত্তাকার কক্ষপথের উচ্চতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. গ্রহ দুটির মধ্যে একটি নভোযান যাতায়াত করলে কোন গ্রহ হতে অধিক গতিশক্তি নিয়ে নভোযানটিকে যাত্রা শুরু করতে হবে গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য কর। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরবিশিষ্ট দুটি বস্তুকণা একক দূরত্ব থেকে যে পরিমাণ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে তার মানকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

খ আমরা জানি, ওজন হচ্ছে বস্তুর ভর ও অভিকর্ষজ ত্বরণের গুণফল। সুতরাং যেখানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান কম সেখানে বস্তুর ওজনও কম। পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে বিষুবীয় অঞ্চলের দূরত্ব বেশি হওয়ায় এবং পৃথিবীর ঘূর্ণনের ফলে বিষুবীয় অঞ্চলে কেন্দ্রবিমুখী বল সর্বাধিক হওয়ার কারণে বিষুবীয় অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান কম হয়। তাই অন্য অঞ্চল থেকে কোনো বস্তুকে বিষুবীয় অঞ্চলে আনলে ওজন হ্রাস পায়।

গ দেওয়া আছে, উপগ্রহের স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.0\ \text{m·s}^{-2}$
উপগ্রহের বেগ, $v = 7.8\ \text{km·s}^{-1} = 7.8 \times 10^3\ \text{m·s}^{-1}$
উপগ্রহের কক্ষপথের ব্যাসার্ধ r হলে এবং ভর m হলে প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল এর ওজনে সমান হয়, সুতরাং

$$mg = \frac{mv^2}{r} \quad \text{বা, } g = \frac{v^2}{r}$$

$$\therefore r = \frac{v^2}{g} = \frac{(7.8 \times 10^3\ \text{m·s}^{-1})^2}{9.0\ \text{m·s}^{-2}} = 6.76 \times 10^6\ \text{m}$$

গ্রহের ব্যাসার্ধ R এবং গ্রহ পৃষ্ঠ থেকে উপগ্রহের উচ্চতা h হলে

$$r = R + h$$
$$\therefore R + h = 6.76 \times 10^6\ \text{m}$$
$$\therefore h = 6.76 \times 10^6\ \text{m} - R\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ মনে করি,
১ম গ্রহটির ভর $= M_1$
ব্যাসার্ধ $= R_1$
২য় গ্রহটির ভর, $M_2 = 80M_1$
ব্যাসার্ধ, $R_2 = 4R_1$

গ্রহদ্বয়ের মুক্তিবেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2 হলে এদের আকর্ষণ বলয়মুক্ত হতে m ভরের নভোযানে সরবরাহকৃত শক্তি যথাক্রমে E_1 ও E_2

$$E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m \times \frac{2GM_1}{R_1} = m \times \frac{GM_1}{R_1} \quad \left[\because v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}\right]$$

$$E_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}m \times \frac{2GM_2}{R_2} = m \times \frac{GM_2}{R_2}$$

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{M_2}{M_1}\right) \times \left(\frac{R_1}{R_2}\right) = 80 \times \frac{1}{4} = 20$$

$$\therefore E_2 = 20\,E_1$$

অতএব, দ্বিতীয় গ্রহ হতে রওনা হবার সময় অধিকতর (20 গুণ) গতিশক্তি সরবরাহ করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ ঢাকা বোর্ড ২০১৫ ‖ প্রশ্ন নং ৫

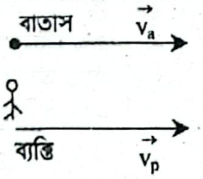
120 kg ভরের একটি কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূ-পৃষ্ঠ হতে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় তুলে তার মধ্যে 3.6×10^9 Joule গতি শক্তি সঞ্চারিত করা হল। পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6×10^{24} kg এবং 6.4×10^6m, $G = 6.6 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\ \text{kg}^{-2}$, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$।

ক. কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে? ১
খ. বাতাসের প্রবাহের দিকে দৌড়ালে বাতাসের বেগ কম মনে হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উপগ্রহটি ভূ-পৃষ্ঠ হতে কত উচ্চতায় আছে? ৩
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর যে সঞ্চারিত গতিশক্তি উপগ্রহটিকে বহিঃবিশ্বে পাঠানোর জন্য পর্যাপ্ত নয়। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু কণাকে বৃত্তাকার পথে গতিশীল রাখতে কেন্দ্রের দিকে যে বল প্রয়োগ করতে হয় তাকে কেন্দ্রমুখী বল বা অভিকেন্দ্র বল বলে।

খ আপেক্ষিক বেগের কারণে বাতাসের প্রবাহের দিকে দৌড়ালে বাতাসের বেগ কম মনে হয়।



মনে করি, কোন একদিকে বাতাস $\vec{v}_a$ বেগে প্রবাহিত হচ্ছে। কোনো ব্যক্তি বায়ু প্রবাহের দিকে $\vec{v}_p$ বেগে দৌড়াচ্ছেন। সুতরাং উক্ত ব্যক্তির সাপেক্ষে বাতাসের আপেক্ষিক বেগ $\vec{v}$ হবে, $\vec{v} = \vec{v}_a - \vec{v}_p$। যেহেতু দুটি বেগের দিক একই, তাই ভেক্টরের যোগ-বিয়োগের নিয়ম অনুসারে তাদের বিয়োগফলের মান হবে বেগ দুটির মানের বিয়োগফলের সমান। অর্থাৎ $v = v_a - v_p$। তাই দেখা যায়, দৌড়বিদের সাপেক্ষে বাতাসের আপেক্ষিক বেগ (v) বাতাসের প্রকৃত বেগ (v_a) থেকে কম অর্থাৎ $v < v_a$। তাই বাতাসের প্রবাহের দিকে দৌড়ালে বাতাসের বেগ কম মনে হয়।

গ দেওয়া আছে, কৃত্রিম উপগ্রহের গতিশক্তি, $E_K = 3.6 \times 10^9$ J
কৃত্রিম উপগ্রহের ভর, $m = 120$ kg
কৃত্রিম উপগ্রহের বেগ v হলে, $E_K = \frac{1}{2}mv^2$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 3.6 \times 10^9\ \text{J}}{120\ \text{kg}}} = 7746\ \text{m·s}^{-1}$$

ভূপৃষ্ঠ হতে কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা h হলে, $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$

$$\text{বা, } R + h = \frac{GM}{v^2}$$

$$\therefore h = \frac{GM}{v^2} - R$$
$$= \frac{6.6 \times 10^{-11}\ \text{N·m}^2\text{·kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(7746\ \text{m·s}^{-1})^2} - 6.4 \times 10^6\ \text{m}$$
$$\approx 2 \times 10^5\ \text{m} = 200\ \text{km}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ কৃত্রিম উপগ্রহটিকে বহিঃবিশ্বে তথা মহাশূন্যে প্রেরণের জন্য প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শক্তি,

$$W = \int_{R+h}^{\infty} F\,dr = \int_{R+h}^{\infty} \frac{GMm}{r^2}\,dr = GMm\int_{R+h}^{\infty} r^{-2}\,dr$$
$$= -GMm\left[\frac{1}{r}\right]_{R+h}^{\infty} = -GMm\left[\frac{1}{\infty} - \frac{1}{R+h}\right]$$
$$= \frac{GMm}{R+h} = \frac{6.6 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 120}{6.4 \times 10^6 + 2 \times 10^5} = 7.2 \times 10^9\ \text{J}$$

কিন্তু কৃত্রিম উপগ্রহের গতিশক্তি 3.6×10^9 J, যা প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শক্তি অপেক্ষা কম। সুতরাং বলা যায়, সঞ্চারিত গতিশক্তি কৃত্রিম উপগ্রহটিকে বহিঃবিশ্বে পাঠানোর জন্য পর্যাপ্ত নয়।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ‖ প্রশ্ন নং ৮

সরকার বঙ্গাবন্ধু-১ স্যাটেলাইট সফলভাবে উৎক্ষেপণের পর বঙ্গাবন্ধু-২ স্যাটেলাইট উৎক্ষেপণের প্রকল্প গ্রহণ করেছে। একটি রকেটের মাধ্যমে বঙ্গাবন্ধু-১ স্যাটেলাইটকে 3.6×10^7 m উচ্চতার নির্দিষ্ট কক্ষপথে পাঠানো হয় যার ভর 35000 kg। পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg ও ব্যাসার্ধ 6.4×10^6 m।

ক. হুকের সূত্র লেখ। ১
খ. বর্ষাকালের চেয়ে শীতকালে কাপড় দ্রুত শুকায় কেন? ২
গ. বঙ্গাবন্ধু-১ স্যাটেলাইটের বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. স্যাটেলাইটটিকে 3.6×10^7 m উচ্চতায় রাখতে কৃতকাজ এবং ঐ উচ্চতায় বিভবশক্তি সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

খ বাষ্পায়নের প্রভাবে ভেজা কাপড় শুকায়। বাতাসে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের পরিমাণ বা আর্দ্রতা বাষ্পায়নের হারকে নিয়ন্ত্রণ করে। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোন বিশুদ্ধ তরলের বাষ্পায়নের হার বাতাসে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বা আর্দ্রতা বৃদ্ধি পেলে কমে এবং হ্রাস পেলে বাড়ে। শীতকালে বাতাসের আর্দ্রতা কম থাকায় ভেজা কাপড় দ্রুত শুকায়। কিন্তু বর্ষাকালে বায়ুর আর্দ্রতা বৃদ্ধি পায় বলে বাষ্পায়ন হ্রাস পায় এবং কাপড় দেরিতে শুকায়।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $3072.9\ \text{ms}^{-1}$।

ঘ আমরা জানি,
পৃথিবীপৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় স্যাটেলাইটের বিভবশক্তি,

$$U = -\frac{GMm}{R+h}$$
$$= -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 35000}{6.4 \times 10^6 + 3.6 \times 10^7}$$
$$= -3.3 \times 10^{11}\ \text{J}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর,
$M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m
স্যাটেলাইটের ভর,
$m = 35000$ kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$
স্যাটেলাইটের উচ্চতা,
$h = 3.6 \times 10^7$ m

স্যাটেলাইটটিকে h উচ্চতায় উঠাতে কৃতকাজ,

$$W = \int_{R}^{R+h} \frac{GMm}{r^2} dr$$

$$= GMm \left[-\frac{1}{r}\right]_{R}^{R+h}$$

$$= GMm \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h}\right]$$

$$= 6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 35000 \times \left[\frac{1}{6.4 \times 10^6} - \frac{1}{6.4 \times 10^6 + 3.6 \times 10^7}\right]$$

$$= 1.86 \times 10^{12}\ J$$

এখানে, $W \neq U$ ।

সুতরাং স্যাটেলাইটটিকে 3.6×10^7 m উচ্চতায় রাখতে কৃতকাজ এবং ঐ উচ্চতায় বিভবশক্তি সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৫ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন নং ৪

পৃথিবীর ভর ও ব্যাস যথাক্রমে 6×10^{24} kg ও 12742 km। এটি নিজ কক্ষপথে সূর্যকে একবার প্রদক্ষিণ করতে 365 দিন সময় নেয়।

ক. মহাকর্ষীয় ধ্রুবকের মান কত? ১

খ. আম পৃথিবীতে পড়ে কিন্তু স্যাটেলাইট পড়ে না কেন? ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে পৃথিবীর কৌণিক বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পৃথিবী যদি একবার ঘুরতে 366 দিন সময় নেয় তবে মুক্তিবেগের কি কোনো পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাকর্ষীয় ধ্রুবকের মান $6.673 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$ ।

খ আমের কোনো বৃত্তাকার গতি নেই তাই এর কেন্দ্রবিমুখী বল সৃষ্টি হয় না। তাই পৃথিবীর অভিকর্ষ বলের প্রভাবে আম ভূ-পৃষ্ঠে আছড়ে পড়ে। কিন্তু কৃত্রিম উপগ্রহের বৃত্তাকর গতির কারণে সৃষ্ট কেন্দ্রবিমুখী বল পৃথিবীর মহাকর্ষ বলের সমান হওয়ায় তা পড়ে না।

গ পৃথিবীর কৌণিক বেগ ω হলে,

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$= \frac{2\pi}{365}$$

$$= 1.721 \times 10^{-2}\ rad/day\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর আবর্তনকাল,
$T = 365$ day

ঘ আমরা জানি,
পৃথিবীপৃষ্ঠে মুক্তিবেগ,

$$v_e = \sqrt{2gR}$$

$$= \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6371 \times 10^3}}$$

$$= 11211\ ms^{-1} = 11.211\ kms^{-1}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাস = 12742 km
∴ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = \frac{12742}{2} = 6371$ km
$= 6371 \times 10^3$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$

আবার, পৃথিবীর ঘূর্ণন জনিত কারণে পৃথিবী পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{R^2} - \omega^2 R \cos^2 \lambda$

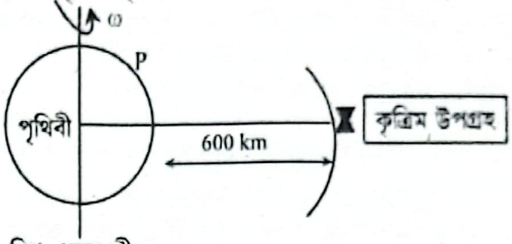
$$= \frac{GM}{R^2} - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R\cos^2 \lambda$$

$$= \frac{GM}{R^2} - \frac{4\pi^2}{T^2} R \cos^2 \lambda$$

অভিকর্ষজ ত্বরণের রাশিমালা অনুসারে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, ভর ও আহ্নিক গতির তথা নিজ অক্ষের ওপর আবর্তনকালের উপর নির্ভর করলেও বার্ষিক গতি তথা সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর ঘূর্ণনের উপর নির্ভর করে না। তাই পৃথিবীর আবর্তনকাল 365 দিন না হয়ে 366 দিন হলেও পৃথিবীর মুক্তিবেগের কোনো পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ পাবনা ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন নং ৬

চিত্রে পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6×10^{24} kg ও 6.4×10^6 m। একটি 50 kg ভরের বস্তু P বিন্দুতে স্থাপন করা হলো এবং একটি কৃত্রিম উপগ্রহ পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে 600 km উপরে আছে।



ক. স্প্রিং ধ্রুবক কী? ১

খ. কেপলারের ৩য় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পৃথিবীর আহ্নিক গতির কারণে পৃথিবী পৃষ্ঠের কত অক্ষাংশে বস্তুটি রাখলে এর ওজন 1 N হারাবে? ৩

ঘ. উপরের গ্রহটিকে ভূস্থির উপগ্রহে পরিণত করতে গ্রহটিকে কত উচ্চতায় ওঠাতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিং-এর মুক্ত প্রান্তের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে, তাই ঐ স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক।

খ কেপলারের ৩য় সূত্রটি হলো— সূর্যের চারদিকে একটি গ্রহের আবর্তনকালের বর্গ এর কক্ষপথের অর্ধপরাক্ষের ঘনফলের সমানুপাতিক। মনে করি, সূর্যের চারদিকে কতগুলো গ্রহের আবর্তনকাল যথাক্রমে T_1, T_2, T_3 ...... এবং সূর্য হতে ঐ গ্রহগুলোর কক্ষপথের অর্ধপরাক্ষের দূরত্ব যথাক্রমে R_1, R_2, R_3 ......; তাহলে কেপলারের ৩য় সূত্রানুসারে, $\frac{{T_1}^2}{{R_1}^3} = \frac{{T_2}^2}{{R_2}^3} = \frac{{T_3}^2}{{R_3}^3} = \ldots\ldots =$ ধ্রুবক।

গ P বিন্দুতে বস্তুর ওজন, $W = mg = 9.8 \times 50 = 490$ N

ওজন 1 N হারালে বর্তমান ওজন
$W' = (490 - 1) = 489$ N

এবং উক্ত অবস্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ হবে,

$$g' = \frac{W'}{m} = \frac{489}{50} = 9.78\ ms^{-2}$$

আমরা জানি, λ° অক্ষাংশে পৃথিবীর আহ্নিক গতির জন্য অভিকর্ষজ ত্বরণ, g′ হলে,

$$g' = g - \omega^2 R \cos^2 \lambda$$

বা, $9.78 = 9.8 - (7.272 \times 10^{-5})^2 \times 6.4 \times 10^6 \cos^2\lambda$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 50$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m
কৌণিক বেগ,
$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24 \times 3600}$
$= 7.272 \times 10^{-5}\ rads^{-1}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8ms^{-2}$
অক্ষাংশ, $\lambda = ?$

বা, $\cos^2 \lambda = \frac{9.8 - 9.78}{(7.272 \times 10^{-5})^2 \times 6.4 \times 10^6}$

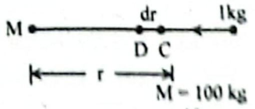
বা, $\cos^2 \lambda = 0.5909$

বা, $\cos \lambda = 0.7687$

$\therefore \lambda = \cos^{-1} (0.7687) = 39.76°$ **(Ans.)**

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** উপগ্রহের উচ্চতা আরো (35940 – 600) km বা 35340 km বৃদ্ধি করে সেটিকে ভূ-স্থির উপগ্রহে পরিণত করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৭ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন নং ৭



ক. মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কী? ১

খ. অসীমে মহাকর্ষীয় বিভব সর্বোচ্চ কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে মহাকর্ষীয় বিভব ও মহকর্ষীয় প্রাবল্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. অসীমে বস্তুর জন্য প্রাবল্য শূন্য হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ভরের একটি বস্তু স্থাপন করলে তার ওপর যে মহাকর্ষীয় বল ক্রিয়া করে তাই ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য।

খ কোনো বস্তুর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র এর ভরকেন্দ্র থেকে অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত। মহাকর্ষীয় বল আকর্ষণধর্মী হওয়ায় এই বিভব সর্বদা ঋণাত্মক হয়। পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে অসীম পর্যন্ত মহাকর্ষীয় বিভব

$V = -\frac{GM}{R+h}$ সূত্র দ্বারা পরিবর্তিত হয়। এখানে R হলো পৃথিবীর ব্যাসার্ধ এবং h হলো ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা। অর্থাৎ ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে ওঠা যায় মহাকর্ষীয় বিভব তত বাড়তে থাকে। অসীম দূরত্বের ক্ষেত্রে অর্থাৎ যখন $h = \infty$ তখন $V = 0$ হয়; যা সর্বোচ্চ।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে মহাকর্ষীয় বিভব, V অসীমে সর্বোচ্চ কিন্তু শূন্য।

গ আমরা জানি,

মহাকর্ষীয় বিভব V হলে,

$$V = -\frac{GM}{r}$$
$$= \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 100}{10}$$
$$= -6.673 \times 10^{-10}\ \text{Jkg}^{-1}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, M = 100 kg
বস্তু হতে C বিন্দুর দূরত্ব,
r = 10 m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

আবার,

মহাকর্ষীয় প্রাবল্য, $E = \frac{GM}{r^2}$
$$= \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 100}{10^2}$$
$$= 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nkg}^{-1}$$

সুতরাং উদ্দীপক অনুসারে মহাকর্ষীয় বিভব $-6.673 \times 10^{-10}\ \text{Jkg}^{-1}$ এবং মহাকর্ষীয় প্রাবল্য $6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nkg}^{-1}$। **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

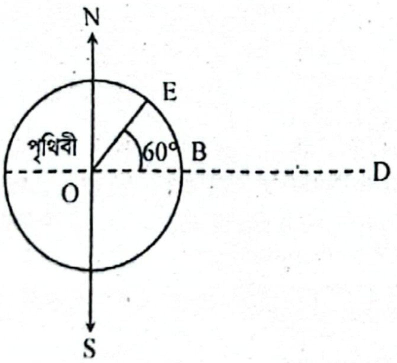
মহাকর্ষীয় প্রাবল্য E হলে,

$$E = \frac{GM}{r^2}$$
$$\text{বা, } E = GM \times \left(\frac{1}{r}\right)^2$$
$$= 6.673 \times 10^{-11} \times 100 \times (0)^2$$
$$= 0\ \text{Nkg}^{-1}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, M = 100 kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$
অসীম দূরত্বের জন্য, $r = \infty$
বা, $\frac{1}{r} = 0$

সুতরাং অসীমে বস্তুর জন্য প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩৮ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ❚ প্রশ্ন নং ৬



ধরো, O পৃথিবীর কেন্দ্র এবং ভর, $M = 5.975 \times 10^{24}$ kg, $R_{OE} = 6371$ km, $R_{OB} = 6400$ km, BD = 8.848 km এবং $G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

ক. দোলনকাল কাকে বলে? ১
খ. বক্রপথে ব্যাংকিং কেন প্রয়োজন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. E বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. একটি কৃত্রিম উপগ্রহকে যদি BD উচ্চতায় রাখা হয় তবে এটি ভূস্থির উপগ্রহ হবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরল দোলন গতিসম্পন্ন কোনো কণার একটি পূর্ণ দোলন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে এর দোলনকাল বলে।

খ আমরা জানি, বৃত্তাকার পথে কোনো বস্তু ঘুরতে কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন। বক্রপথে গাড়ির গতি বৃত্তাকার হয়। তাই বক্রপথে গাড়ি ঘোরানোর সময় কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করার জন্য বক্রপথে ভিতরের দিক অপেক্ষা বাইরের দিক কিছুটা উঁচু করে তৈরি করা হয়। একে রাস্তার ব্যাংকিং বলে। বক্রপথে ব্যাংকিং থাকে বলে গাড়ি মোড় ঘোরার সময় কেন্দ্রের দিকে কিছুটা হেলে পড়তে পারে যাতে প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করতে পারে। মূলত বক্রপথে কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করে গাড়ির ছিটকে পড়া এড়াতে ব্যাংকিং প্রয়োজন।

গ ৩১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $9.823\ \text{Nkg}^{-1}$।

ঘ কৃত্রিম উপগ্রহের পর্যায়কাল T হলে,

$$T = 2\pi (R_{OB} + R_{BD}) \sqrt{\frac{R_{OB} + R_{BD}}{GM}}$$
$$= 2\pi(6.4 \times 10^6 + 8.848 \times 10^3) \times \sqrt{\frac{6.4 \times 10^6 + 8.848 \times 10^3}{6.673 \times 10^{-11} \times 5.975 \times 10^{24}}}$$
$$= 5105.28\ \text{sec} = 1.418\ \text{hr}$$

ভূ-স্থির উপগ্রহের পর্যায়কাল পৃথিবীর আহ্নিক গতির সমান অর্থাৎ 24 h হওয়া প্রয়োজন। অতএব BD উচ্চতায় কৃত্রিম উপগ্রহটি ভূ-স্থির উপগ্রহ হবে না।

এখানে,
পৃথিবীর ভর,
$M = 5.975 \times 10^{24}$ kg
O থেকে B বিন্দুর দূরত্ব,
$R_{OB} = 6400$ km
$= 6.4 \times 10^6$ m
উচ্চতা, $R_{BD} = 8.848$ m
$= 8.848 \times 10^3$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$
কৃত্রিম উপগ্রহের
পর্যায়কাল, T = ?

প্রশ্ন ▸ ৩৯ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ❚ প্রশ্ন নং ৫

একটি রকেটকে পৃথিবী থেকে সূর্যের দিকে উৎক্ষেপণ করা হলো। সূর্যের ভর $= 2 \times 10^{30}$ kg, পৃথিবীর ভর $= 6 \times 10^{24}$ kg। পৃথিবীর গড় ব্যাসার্ধ $= 6.4 \times 10^6$ m। অন্য গ্রহগুলোর প্রভাব উপেক্ষা করো। (কক্ষপথের ব্যাসার্ধ $= 1.5 \times 10^{11}$ m)

ক. অভিকর্ষ ক্ষেত্র কী? ১
খ. মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভর করে না— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে কত দূরে রকেটের উপর মহাকর্ষ বল শূন্য হবে? ৩
ঘ. রকেটটিকে যদি 5 kms^{-1} বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হয়, এটি পৃথিবীতে ফিরে আসার আগে সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠবে? ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পৃথিবীর চারপাশে যে অঞ্চলব্যাপী এর অভিকর্ষ বলের প্রভাব বিদ্যমান তাই হলো অভিকর্ষ ক্ষেত্র।

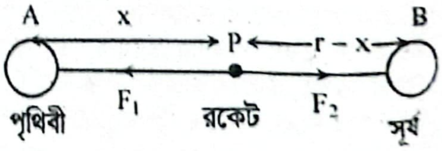
খ যেকোনো গ্রহ বা উপগ্রহের জন্য মুক্তিবেগের রাশিমালা—

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

এখানে, G মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, M ও R যথাক্রমে উক্ত গ্রহ বা উপগ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধ।

দেখা যাচ্ছে, মুক্তিবেগের রাশিমালায় বস্তুর ভর, m অনুপস্থিত। সুতরাং বস্তু ছোট বা বড়, ভারী বা হালকা যাই হোক না কেন তার মুক্তিবেগের মান একই হবে। অর্থাৎ, মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভর করে না।

গ ধরি, পৃথিবীর কেন্দ্রে থেকে x m দূরে রকেটের উপর মহাকর্ষ বল শূন্য হবে।



চিত্রে, $AP = r_1 = x$
∴ সূর্য ও রকেটের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$BP = r_2 = r - x$

পৃথিবী ও রকেটের মধ্যে ক্রিয়াশীল মহাকর্ষ বল,

$F_1 = \frac{Gm_em}{r_1^2} = \frac{Gm_em}{x^2}$ [P থেকে A এর দিকে সূর্য ও রকেটের মধ্যে ক্রিয়াশীল মহাকর্ষ বল]

$F_2 = \frac{Gm_sm}{r_2^2} = \frac{Gm_sm}{(r-x)^2}$ [P থেকে B এর দিকে]

রকেটের উপর মহাকর্ষ বল শূন্য হলে

$F_1 = F_2$ [∵ এদের দিক বিপরীত তাই মান সমান হবে]

এখানে,
পৃথিবীর ভর,
$m_e = 6 \times 10^{24}$ kg
সূর্যের ভর,
$m_s = 2 \times 10^{30}$ kg
পৃথিবীর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ = পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$r = 1.5 \times 10^{11}$ m
রকেটের ভর = m [ধরি]

বা, $\frac{Gm_em}{x^2} = \frac{Gm_sm}{(r-x)^2}$

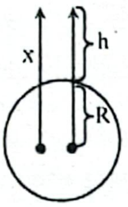
বা, $\frac{m_e}{x^2} = \frac{m_s}{(r-x)^2}$ বা, $\left(\frac{r-x}{x}\right)^2 = \frac{m_s}{m_e}$

বা, $\frac{r-x}{x} = \sqrt{\frac{m_s}{m_e}}$ বা, $\frac{r}{x} - 1 = \sqrt{\frac{m_s}{m_e}}$ [শুধু ধনাত্মক মান নিয়ে]

বা, $\frac{r}{x} = \sqrt{\frac{m_s}{m_e}} + 1$

$$\therefore x = \frac{r}{\sqrt{\frac{m_s}{m_e}}+1} = \frac{1.5 \times 10^{11}}{\sqrt{\frac{2 \times 10^{30}}{6 \times 10^{24}}}+1} = 2.59 \times 10^8 \text{ m } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি, পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে সর্বাধিক x উচ্চতায় বা ভূপৃষ্ঠে থেকে h উচ্চতায় রকেটটি উঠাতে কৃতকাজ রকেটের গতিশক্তির সমান।



$\therefore x = R + h$ বা, $h = x - R$

এখন, মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ,

$$W = GmM\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

∴ রকেটকে ভূপৃষ্ঠ ($r_1 = R$) থেকে x উচ্চতায় ($r_2 = x$) নিতে কৃতকাজ,

$$W = GMm\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x}\right)$$

এখানে,
রকেটের ভর = m (ধরি)
রকেটের বেগ,
$v = 5 \text{ kms}^{-1} = 5000 \text{ ms}^{-1}$
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

∴ শর্তমতে,

$$GMm\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x}\right) = \frac{1}{2}mv^2$$

বা, $GM\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{x}\right) = \frac{v^2}{2}$

বা, $\frac{1}{R} - \frac{1}{x} = \frac{v^2}{2GM}$

বা, $\frac{1}{R} - \frac{v^2}{2GM} = \frac{1}{x}$

বা, $\frac{1}{x} = \frac{1}{6.4 \times 10^6} - \frac{(5000)^2}{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}$

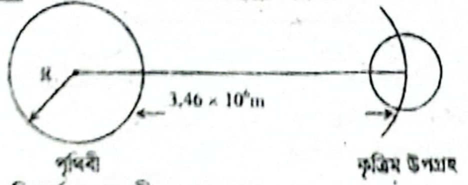
বা, $\frac{1}{x} = 1.25 \times 10^{-7}$

$\therefore x = 7.998 \times 10^6$ m

∴ ভূপৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা, $h = x - R = 7.998 \times 10^6 - 6.4 \times 10^6$
$= 1.598 \times 10^6$ m

অর্থাৎ, রকেটটিকে যদি 5 kms^{-1} বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হয়, এটি পৃথিবীতে ফিরে আগে সর্বোচ্চ 1.598×10^6 m উচ্চতায় উঠবে।

প্রশ্ন ▸ ৪০ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৫



ক. অভিকর্ষ কেন্দ্র কী? ১
খ. পৃথিবীর কেন্দ্রে কোনো বস্তুর উপর অভিকর্ষ বল শূন্য ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহের বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কৃত্রিম উপগ্রহটি দ্বারা স্যাটেলাইট টিভি চ্যানেল সম্প্রচার করা যাবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন বস্তুর ভেতরে অবস্থিত যে বিন্দুর মধ্য দিয়ে মোট ওজন ক্রিয়া করে সেই বিন্দুই বস্তুর অভিকর্ষ কেন্দ্র।

খ পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান শূন্য তাই উক্ত স্থানে কোনো বস্তুর ওপর অভিকর্ষ বল শূন্য হয়। আমরা জানি ভূপৃষ্ঠ থেকে যত নিচে যাওয়া যায়, অভিকর্ষজ ত্বরণের মান ততই কমতে থাকে। কেন্দ্রে, R গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ g' হলে,

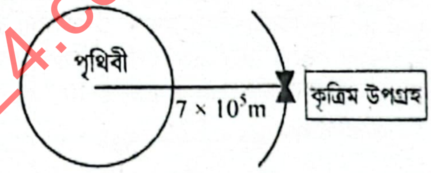
$g' = g\left(1 - \frac{R}{R}\right)$ বা, $g' = 0$ হয় অর্থাৎ, পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষ বল, $F = mg' = m \times 0 = 0$ (শূন্য)।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** T = 2.7 hr

স্যাটেলাইট টিভি চ্যানেল সম্প্রচার করার জন্য কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূ-স্থির উপগ্রহ হতে হয় যার পর্যায়কাল 24 hr। তাই বলা যায় উদ্দীপকের কৃত্রিম উপগ্রহটি দ্বারা স্যাটেলাইট টিভি চ্যানেল সম্প্রচার সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▸ ৪১ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৫



পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6×10^{24} kg ও 6.4×10^6 m

ক. ক্ষেত্রফলের সূত্রটি লিখো। ১
খ. g ভেক্টর রাশি হলেও G স্কেলার রাশি কেন ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্যাটেলাইটের পর্যায়কাল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কৃত্রিম উপগ্রহটিকে ভূস্থির উপগ্রহে পরিণত করতে কী পরিবর্তন আনতে হবে— তোমার মতামত দাও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্রহ এবং সূর্যের সংযোগ সরলরেখা সমান সময়ে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করে।

খ অভিকর্ষ বলের প্রভাবে ভূ-পৃষ্ঠে মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে। একে g দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আমরা জানি ত্বরণ একটি ভেক্টর রাশি তাই অভিকর্ষজ ত্বরণও ভেক্টর রাশি। অন্যদিকে একক ভরের দুটি বস্তুকণা একক দূরত্বে থেকে যে বলে পরস্পরকে আকর্ষণ করে তাকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বা G বলে। এটি একটি স্কেলার রাশি কারণ মহাকর্ষীয় ধ্রুবকের মান আছে কিন্তু কোনো দিক নেই, এটি শুধুমাত্র মহাকর্ষ বলের মান নির্ধারণ করে। তাই g একটি ভেক্টর রাশি হলেও G একটি স্কেলার রাশি।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 5940.6 sec বা 1.65 hr।

ঘ ২১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: কৃত্রিম উপগ্রহটিকে ভূস্থির উপগ্রহে পরিণত করতে উপগ্রহটির উচ্চতা আরো $(35903.86 - 7 \times 10^2)$ km বা 35203.86 km বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪২ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ‖ প্রশ্ন নং ৪

6.4×10^6m ব্যাসার্ধের একটি গ্রহ নিজ অক্ষে 24 ঘণ্টায় একবার প্রদক্ষিণ করে। একজন বিজ্ঞানী গ্রহটির সাথে g এর সম্পর্ক স্থাপনের জন্য 58° উত্তর অক্ষাংশের একটি স্থানে 80 kg ভরের একটি বস্তু রাখলেন। $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

ক. মুক্তিবেগ কী? ১

খ. কোনো যন্ত্রের ক্ষমতা 50 MW— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উক্ত স্থানে গ্রহটি ঘূর্ণনের জন্য বস্তুটির রৈখিক বেগ কত? ৩

ঘ. উক্ত স্থানে বস্তুটির ওজন গ্রহটির পৃষ্ঠে বস্তুটির ওজনের চেয়ে কম না বেশি হবে? বিশ্লেষণ করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের কোনো স্থান থেকে সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহ বা উপগ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগই এর মুক্তিবেগ।

খ কোনো একটি যন্ত্রের একক সময়ের কৃতকাজই তার ক্ষমতার পরিমাপ। যদি t সময়ে যন্ত্রটি W পরিমাণ কাজ করে তার ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t}$। ক্ষমতার একক হলো ওয়াট বা জুল / সেকেন্ড। এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ করার ক্ষমতাই এক ওয়াট। কোনো যন্ত্রের ক্ষমতা 50 MW বলতে বোঝায় যন্ত্রটি প্রতি সেকেন্ডে 50×10^6 J কাজ করতে পারে।

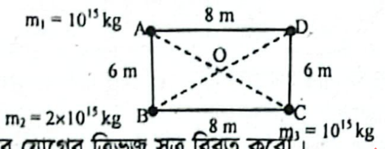
গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বস্তুটির রৈখিক বেগ 246.63 ms^{-1}।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: গ্রহটির পৃষ্ঠে বস্তুটির ওজন 784 N, 58° উত্তর অক্ষাংশে বস্তুটির ওজন 783.232 N হবে। অর্থাৎ, উক্ত স্থানে বস্তুটির ওজন গ্রহটির পৃষ্ঠে বস্তুটির ওজনের চেয়ে কম হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৩ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৩

চিত্রে m_1, m_2 ও m_3 বস্তু তিনটি স্থির অবস্থায় মহাশূন্যে রাখা আছে। D বিন্দু হতে কোনো বস্তুকে 260 ms^{-1} বেগে নিক্ষেপ করে বস্তুটিকে অসীমে পাঠানোর চেষ্টা করা হলো। ($G = 6.673 \times 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$)



ক. ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. স্থিতিস্থাপক বস্তুর ক্ষেত্রে বাহ্যিক বল ও তারের ব্যাসার্ধ এর লেখচিত্র অংকন করো। ২

গ. O বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্যের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. D বিন্দুতে স্থাপিত বস্তুকে অসীমে পাঠানো সম্ভব হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক **ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্র:** কোনো ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু বরাবর একইক্রমে দুটি ভেক্টর রাশি ক্রিয়াশীল হলে, ত্রিভুজের তৃতীয় বাহুটি বিপরীতক্রমে ভেক্টর দুটির লব্ধি নির্দেশ করবে।

খ স্থিতিস্থাপক বস্তুর ক্ষেত্রে,

পীড়ন ∝ বিকৃতি

$$\text{বা, } F/A \propto \frac{l}{L}$$

$$\text{বা, } F/A = \frac{Yl}{L}$$

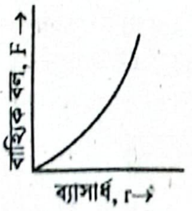
যেখানে, Y = ইয়ং এর গুণাংক

এখন, স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে ইয়ং এর গুণাংক ও বিকৃতি ধ্রুবক হলে,

$$F \propto A$$

$$\text{বা, } F \propto \pi r^2$$

$$\text{বা, } F \propto r^2$$



অর্থাৎ, বাহ্যিক বল ব্যাসার্ধের বর্গের সমানুপাতিক। এক্ষেত্রে ব্যাসার্ধকে x অক্ষে এবং বাহ্যিক বলকে y অক্ষে প্রতিস্থাপন করলে লেখচিত্রটি পাশের চিত্রের ন্যায় হবে।

গ

O বিন্দুতে অবস্থিত কোনো বস্তুর ওপর m_1 ভরের, বস্তুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য

$$E_A = \frac{Gm_1}{OA^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 10^{15}}{(5)^2}$$

$$= 2669.2\ Nkg^{-1}\ [\text{OA বরাবর}]$$

O বিন্দুতে অবস্থিত কোন বস্তুর ওপর m_3 বস্তুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য,

$$E_C = \frac{Gm_3}{OC^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 10^{15}}{(5)^2}$$

$$= 2669.2\ Nkg^{-1}\ [\text{OC বরাবর}]$$

এখানে,

A বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর বস্তুর ভর, $m_1 = 10^{15}$ kg

B বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর বস্তুর ভর, $m_2 = 2 \times 10^{15}$ kg

C বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর ভর, $m_3 = 10^{15}$ kg

দূরত্ব, AB = 6 m

BC = 8 m

$$AC = \sqrt{6^2 + 8^2}\ m$$
$$= 10\ m$$

$$OA = OB = OC = \frac{10}{2}\ m$$
$$= 5\ m$$

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,

$G = 6.673 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$

m_1 ও m_3 বস্তুর জন্য মহাকর্ষীয় প্রাবল্য পরস্পর সমান ও বিপরীত বলে A ও C বিন্দুর জন্য লব্ধি প্রাবল্য শূন্য

m_2 বস্তুর জন্য O বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য,

$$E_B = \frac{Gm_2}{OB^2}$$

$$= \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{15}}{5^2}$$

$$= 5338.4\ Nkg^{-1},\ [\text{OB বরাবর}]$$

∴ O বিন্দুতে লব্ধি মহাকর্ষীয় প্রাবল্য = $E_B = 5338.4\ Nkg^{-1}$

যা OB বরাবর ক্রিয়াশীল। **(Ans.)**

ঘ ধরি,

ন্যূনতম v′ বেগে নিক্ষেপ করলে D বিন্দুর বস্তুটি A, B, C বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর আকর্ষণ বল কাটিয়ে অসীমে পাঠানো সম্ভব হবে।

এক্ষেত্রে,

নিক্ষিপ্ত বস্তুর ন্যূনতম গতিশক্তি = বিভবশক্তি

$$\frac{1}{2}mv'^2 = Gm\left(\frac{m_1}{AD} + \frac{m_2}{BD} + \frac{m_3}{CD}\right)$$

$$\text{বা, } v'^2 = G\left(\frac{m_1}{AD} + \frac{m_2}{BD} + \frac{m_3}{CD}\right) \times 2$$

এখানে,

A বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর ভর, $m_1 = 10^{15}$ kg

B বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর ভর, $m_2 = 2 \times 10^{15}$ kg

C বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর ভর, $m_3 = 10^{15}$ kg

নিক্ষেপণ বেগ, $v = 260\ ms^{-1}$

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$

দূরত্ব AD = 8 m

AC = BD = 10 m ('গ' হতে)

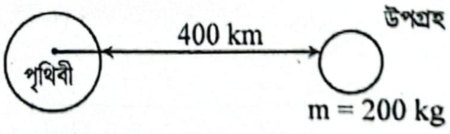
বস্তুর ভর = m = CD = 6 m

$$v'^2 = 6.673 \times 10^{-11} \times \left(\frac{10^{15}}{8} + \frac{2 \times 10^{15}}{10} + \frac{10^{15}}{6}\right) \times 2$$

$v' = 256.1\ ms^{-1} <$ নিক্ষেপণ বেগ, 260 ms^{-1}

∴ D বিন্দুতে স্থাপিত বস্তুকে অসীমে পাঠানো সম্ভব হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৪ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ১



পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6.4×10^6 m

6400 km এবং 7400 km ব্যাসার্ধের দুটি গ্রহ A ও B এর পৃষ্ঠের অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8 ms^{-2} ও 9.4 ms^{-2} এবং নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান আহ্নিক গতির পর্যায়কাল 24 h ও 25 h।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. স্রোতের প্রতিকূলে সাঁতার কাটলে, কোন প্রকার কাজ সম্পন্ন হয় বুঝিয়ে দাও। ২

গ. উদ্দীপকের উল্লেখিত উপগ্রহটিকে কত শক্তি প্রয়োগ করলে পৃথিবীর অভিকর্ষের বাহিরে চলে যাবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত A গ্রহের ৬৫° অক্ষাংশে ও B গ্রহের ১৫° অক্ষাংশে অবস্থিত 1 kg ভরের চিনির ওজন কোথায় বেশি হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে একক দৈর্ঘ্য প্রসারিত বা সংকুচিত করতে এতে যে পরিমাণ প্রত্যয়নী বল উদ্ভূত হয়, তাকে ঐ স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ বল প্রয়োগের ফলে সরণ যদি বলের দিকে হয় বা বলের দিকে সরণের উপাংশ থাকে তবে ধনাত্মক কাজ হয়। আবার বল প্রয়োগের ফলে সরণ যদি বলের বিপরীত দিকে হয় বা বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকে তবে ঋণাত্মক কাজ হয়। স্রোতের প্রতিকূলে সাঁতার কাটার সময় সাঁতারু যে দিকে বল প্রয়োগ করে তার সরণ সেদিকে হয়। তাই এক্ষেত্রে কৃতকাজ ধনাত্মক হয়। কিন্তু সাঁতারুর উপর পানির বাধাজনিত বলের কারণে যে কাজ হয় তা ঋণাত্মক হয়। কারণ এক্ষেত্রে সরণ বলের বিপরীত দিকে হয়।

গ আমরা জানি,

h উচ্চতা থেকে উপগ্রহটিকে অসীমে (∞) পাঠাতে প্রযুক্ত শক্তি বা কৃতকাজ

$$W = \int_{R+h}^{\infty} \frac{GMm}{r^2}\,dr$$

$$= GMm\left[-\frac{1}{r}\right]_{R+h}^{\infty}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^{6}$ m
পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা, $h = 400$ km
$= 400 \times 10^{3}$ m
কৃত্রিম উপগ্রহের ভর, $m = 200$ kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm²kg⁻²

$$= \frac{GMm}{R+h} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 200}{6.4 \times 10^{6} + 400 \times 10^{3}}$$

$$= 1.177 \times 10^{10}\ \text{J (Ans.)}$$

ঘ আমরা পাই,

A গ্রহের ৬৫° অক্ষাংশে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_{\lambda A} = g_A - \omega_A^2 R_A \cos^2\lambda_A$

$$= g_A - \left(\frac{2\pi}{T_A}\right)^2 R_A \cos^2\lambda_A$$

$$= 9.8 - \left(\frac{2\pi}{86400}\right)^2 \times 6400 \times 10^3 \times \cos^2 65^\circ$$

$$= 9.78\ \text{ms}^{-2}$$

B গ্রহের ১৫° অক্ষাংশে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_{\lambda B} = g_B - \omega_B^2 R_B \cos^2\lambda_B$

$$= g_B - \left(\frac{2\pi}{T_B}\right)^2 R_B \cos^2\lambda_B$$

$$= 9.4 - \left(\frac{2\pi}{90000}\right)^2 \times 7400 \times 10^3 \times \cos^2 15^\circ$$

$$= 9.37\ \text{ms}^{-2}$$

এখানে,
A গ্রহের ব্যাসার্ধ,
$R_A = 6400$ km $= 6400 \times 10^3$ m
B গ্রহের ব্যাসার্ধ,
$R_B = 7400$ km $= 7400 \times 10^3$ m
A গ্রহের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_A = 9.8$ ms⁻²
B গ্রহের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_B = 9.4$ ms⁻²
চিনির ভর, $m = 1$ kg
অক্ষাংশ, $\lambda_A = 65^\circ$
$\lambda_B = 15^\circ$
A গ্রহের আবর্তনকাল,
$T_A = 24$ h $= 86400$ s
B গ্রহের আবর্তনকাল,
$T_B = 25$ h $= 90000$ s

A গ্রহে চিনির ওজন W_A হলে,

$$W_A = mg_{\lambda A} = 1 \times 9.78 = 9.78\ \text{N}$$

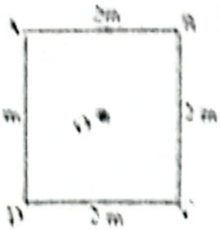
B গ্রহে চিনির ওজন W_B হলে,

$$W_B = mg_{\lambda B} = 1 \times 9.37 = 9.37\ \text{N}$$

এখানে, $W_A > W_B$

সুতরাং A গ্রহের ৬৫° অক্ষাংশে 1 kg চিনির ওজন বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶৪৫ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ও [illegible]



2 m বাহুবিশিষ্ট ABCD বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র O এবং উক্ত বিন্দুতে 1 kg ভরের বস্তু রাখা আছে। A, B, C ও D বিন্দুতে যথাক্রমে 4 kg, 2 kg, 4 kg ও 2 kg ভরের চারটি বস্তু রাখা আছে।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী? ১

খ. মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপরের নির্ভর করে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 'O' বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. O বিন্দুতে রাখা বস্তুটি কোনো বল অনুভব করবে কিনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সমস্ত ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়; তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার দূরত্বই হলো চক্রগতির ব্যাসার্ধ।

খ যেকোনো গ্রহ বা উপগ্রহের জন্য মুক্তিবেগের রাশিমালা

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

এখানে, G মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, M ও R যথাক্রমে উক্ত গ্রহ বা উপগ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধ।

দেখা যাচ্ছে, মুক্তিবেগের রাশিমালায় বস্তুর ভর, m অনুপস্থিত। সুতরাং বস্তু ছোট বা বড়, ভারী বা হালকা যাই হোক না কেন তার মুক্তিবেগের মান একই হবে। তাই মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভরশীল নয়।

গ

A বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর জন্য O বিন্দুতে বিভব, $V_A = -\frac{Gm_A}{r}$

এবং B, C, D বিন্দুতে অবস্থিত বস্তুর জন্য O বিন্দুতে বিভব যথাক্রমে,

$V_B = -\frac{Gm_B}{r}$, $V_C = -\frac{Gm_C}{r}$

এবং $V_D = -\frac{Gm_D}{r}$

∴ O বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব,

$$V = V_A + V_B + V_C + V_D$$

$$= -\frac{Gm_A}{r} - \frac{Gm_B}{r} - \frac{Gm_C}{r} - \frac{Gm_D}{r}$$

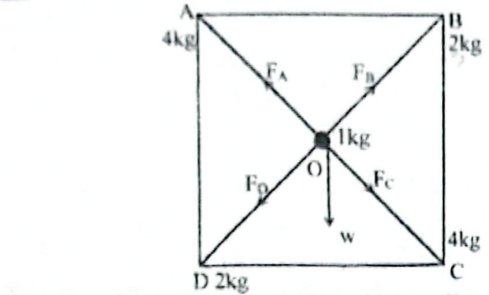
$$= -\frac{G}{r}(m_A + m_B + m_C + m_D)$$

$$= -\frac{6.673 \times 10^{-11}}{\sqrt{2}} \times (4 + 2 + 4 + 2)$$

$$= -5.66 \times 10^{-10}\ \text{Jkg}^{-1}\ \text{(Ans.)}$$

এখানে,
A বিন্দুতে রাখা বস্তুর ভর, $m_A = 4$kg
B বিন্দুতে রাখা বস্তুর ভর, $m_B = 2$kg
C বিন্দুতে রাখা বস্তুর ভর, $m_C = 4$kg
D বিন্দুতে রাখা বস্তুর ভর, $m_D = 2$kg
বর্গের বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 2$m
দূরত্ব $OA = OB = OC = OD$
$= r = \frac{AC}{2} = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{2\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}$m

ঘ



'গ' হতে পাই, $OA = OB = OC = OD = r = \sqrt{2}$ m

A বিন্দুর জন্য O বিন্দুতে

মহাকর্ষ বল, $F_A = \frac{Gm_Am}{r^2} = 6.673 \times 10^{-11} \times \frac{4 \times 1}{\sqrt{(2)^2}}$

$= 1.3346 \times 10^{-10}$ N, [OA বরাবর]

B বিন্দুর জন্য O বিন্দুতে মহাকর্ষ বল,

$$F_B = \frac{Gm_Bm}{r^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 2 \times 1}{(\sqrt{2})^2} = 6.673 \times 10^{-11} \text{ N}$$

[OB বরাবর]

C বিন্দুর জন্য O বিন্দুতে মহাকর্ষ বল,

$$F_C = \frac{Gm_Cm}{r_2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 4 \times 1}{(\sqrt{2})^2} = 1.3346 \times 10^{-10} \text{ N}$$

[OC বরাবর]

D বিন্দুর জন্য O বিন্দুতে মহাকর্ষ বল,

$$F_D = \frac{Gm_Dm}{r^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 2 \times 1}{(\sqrt{2})^2} = 6.673 \times 10^{-11} \text{ N}$$

[OD বরাবর]

দেখা যাচ্ছে, $F_A = F_C$ এবং এদের দিক বিপরীত। তাই এদের লব্ধি, $F_1 = F_A - F_C = 1.3346 \times 10^{-10} - 1.3346 \times 10^{-10} = 0$N

একইভাবে, $F_B = F_D$ এবং এদের দিক বিপরীত। তাই এদের লব্ধি, $F_2 = F_B - F_D = 6.673 \times 10^{-10} - 6.673 \times 10^{-11} = 0$N

সুতরাং বলা যায়, A, B, C, D বস্তুর জন্য O বিন্দুতের রাখা বস্তুটি কোন মহাকর্ষ বল অনুভব করবে না। কিন্তু পৃথিবীর আকর্ষণের জন্য তার ওজন, $W = mg = 1 \times 9.8 = 9.8$ N বল অনুভব করবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৬ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৫

সূর্যের চারপাশে আবর্তনরত পৃথিবী ও বৃহস্পতি গ্রহের দূরত্ব সূর্য থেকে যথাক্রমে 1.5×10^{11} m এবং 7.8×10^{11} m। অন্যদিকে 6×10^{24} kg ভর বিশিষ্ট পৃথিবীর চারপাশে আবর্তনরত দুটি উপগ্রহের উচ্চতা ভূ-পৃষ্ঠ হতে যথাক্রমে 1600 km ও 3600 km।

ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১
খ. পৃথিবী ও সূর্য সমান বলে একে অপরকে আকর্ষণ করে, তবুও পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘোরে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বৃহস্পতি গ্রহের আবর্তনকাল কত বছর? ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন উপগ্রহটি ভূ-স্থির উপগ্রহের মত আচরণ করবে— গাণিতিক বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের কোনো স্থান থেকে সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহ বা উপগ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবেগ বলে।

খ দুটি বস্তু যখন পরস্পরকে আকর্ষণ করে তখন তারা তাদের সিস্টেমের ভরকেন্দ্রকে কেন্দ্র করে ঘুরতে থাকে। সূর্য পৃথিবীর তুলনায় বহুগুণ ভারী হওয়ায় সূর্য পৃথিবী সিস্টেমের ভরকেন্দ্র থাকে মূলত সূর্যের কেন্দ্রের খুব কাছেই। ফলে, যদিও পৃথিবী ঐ ভরকেন্দ্রকে কেন্দ্র করেই ঘোরে। কিন্তু বাহির হতে দেখলে পৃথিবীর সূর্যকে কেন্দ্র করেই ঘুরছে বলে প্রতীয়মান হয়।

গ আমরা জানি,

কেপলারের সূত্রানুসারে,

$$\frac{T_J^2}{T_e^2} = \frac{R_J^3}{R_e^3}$$

বা, $T_J = T_e \times \left(\frac{R_J}{R_e}\right)^{3/2}$

$= 1 \times \left(\frac{7.8 \times 10^{11}}{1.5 \times 10^{11}}\right)^{3/2}$

$= 11.86$ বছর (Ans.)

এখানে,
পৃথিবীর আবর্তনকাল 1 বছর
সূর্য থেকে পৃথিবীর দূরত্ব,
$R_e = 1.5 \times 10^{11}$ m
সূর্য থেকে বৃহস্পতি গ্রহের দূরত্ব,
$R_J = 7.8 \times 10^{11}$ m
বৃহস্পতির আবর্তনকাল, $T_J = ?$

ঘ আমরা জানি,

কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল,

$$T = \sqrt{4\pi^2 \frac{(R+h)^3}{GM}}$$

১ম উপগ্রহের ক্ষেত্রে,

$$T_1 = \sqrt{4\pi^2 \times \frac{(R+h_1)^3}{GM}}$$

$$= \sqrt{\frac{4\pi^2 \times (6.4 \times 10^6 + 1.6 \times 10^6)^3}{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}}$$

$= 7105.24$ sec $= 1.98$ hr

এখানে,
পৃথিবীর ভর,
$M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m
১ম গ্রহের উচ্চতা,
$h_1 = 1600$ km
$= 1.6 \times 10^6$ m
২য় গ্রহের উচ্চতা,
$h_2 = 3600$ km
$= 3.6 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}
ধরি, ১ম ও ২য় গ্রহের আবর্তনকাল যথাক্রমে T_1 ও T_2

২য় উপগ্রহের ক্ষেত্রে,

$$T_2 = \sqrt{\frac{4\pi^2 (R+h_2)^3}{GM}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \times (6.4 \times 10^6 + 3.6 \times 10^6)^3}{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}}$$

$= 9930$ sec $= 2.76$ hr

ভূ-স্থির উপগ্রহ হওয়ার জন্য আবর্তনকাল হওয়া প্রয়োজন 24 hr। এখানে, $T_1 \neq 24$ hr এবং $T_2 \neq 24$ hr।

সুতরাং কোনো উপগ্রহই ভূস্থির উপগ্রহের মত আচরণ করবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৫

একটি গ্রহকে সুষম গোলক বিবেচনা করা হলো। ধরা যাক, গ্রহের কেন্দ্র হতে 2×10^6 m উচ্চতায় একটি কৃত্রিম উপগ্রহ ঘূর্ণনরত আছে। গ্রহের পরিধি $= 10.048 \times 10^6$ m এবং ঘনত্ব $= 1742.3$ kgm^{-3}।

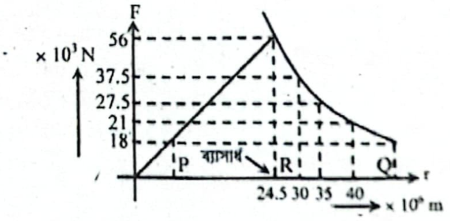
ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১
খ. পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে উপরের দিকে অভিকর্ষজ ত্বরণের মানের পরিবর্তন যে সূত্র মেনে চলে তা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির রৈখিক বেগের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কৃত্রিম উপগ্রহটিকে যদি 1.7538 kms^{-1} বেগে গ্রহের পৃষ্ঠ থেকে উৎক্ষেপণ করা হয় তাহলে তার চূড়ান্ত পরিণতি গাণিতিক বিশ্লেষণসহ উপস্থাপন করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

১৩নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৪৮ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৫

লেখচিত্রে নেপচুন গ্রহের কেন্দ্র থেকে বিভিন্ন দূরত্বে 5000 kg ভরের একটি বস্তুর ওপর নেপচুন গ্রহের প্রযুক্ত বলের পরিবর্তন দেখানো হল।



ক. ভারকেন্দ্র কাকে বলে? ১
খ. পৃথিবীর ঘূর্ণন হঠাৎ থেমে গেলে অভিকর্ষজ ত্বরণের ওপর কী প্রভাব পড়বে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. নেপচুন গ্রহের পৃষ্ঠে মুক্তিবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের লেখচিত্র অনুসারে PR = QR হতে পারে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন বস্তুর ভেতরে অবস্থিত যে বিন্দুর মধ্য দিয়ে মোট ওজন ক্রিয়া করে সেই বিন্দুকে বস্তুর অভিকর্ষ কেন্দ্র বা ভারকেন্দ্র বলে।

খ আহ্নিক গতি জনিত পৃথিবীর কৌণিক বেগ ω ও ব্যাসার্ধ R হলে, λ অক্ষাংশের কোনো স্থানে g এর পরিবর্তিত মান হবে $g' = g - \omega^2 R \cos^2\lambda$। এখান থেকে দেখা যায় যে, পৃথিবীর নিজ অক্ষের ওপর ঘূর্ণন থেমে গেলে সামগ্রিকভাবে g এর মান বৃদ্ধি পাবে। তবে সেক্ষেত্রে বিষুবরেখায় g এর মান সবচেয়ে বেশি বাড়বে এবং বিষুবরেখা থেকে যতই মেরুর দিকে যাওয়া হবে g এর মানের পরিবর্তন তত কমে আসবে। মেরুতে g এর মান অপরিবর্তিত থাকবে।

গ আমরা জানি,

$$F = \frac{GMm}{R^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times M \times 5000}{(24.5 \times 10^6)^2}$$

$$\text{বা, } 56 \times 10^3 = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times M \times 5000}{(24.5 \times 10^6)^2}$$

$$\text{বা, } M = \frac{56 \times 10^3 \times (24.5 \times 10^6)^2}{6.673 \times 10^{-11} \times 5000}$$

$$\therefore M = 1.007 \times 10^{26}\ \text{kg}$$

লেখচিত্র হতে আমরা পাই,
নেপচুন গ্রহের ব্যাসার্ধ,
$R = 24.5 \times 10^6$ m
বস্তুর ভর, $m = 5000$ kg
গ্রহ এবং বস্তুর মধ্যে আকর্ষণ বল, $F = 56 \times 10^3$ N
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$
ধরি, নেপচুনের ভর, M kg

নেপচুন গ্রহের পৃষ্ঠে মুক্তিবেগ V_n হলে,

$$V_n = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 1.007 \times 10^{26}}{24.5 \times 10^6}}$$

$$= 23421.09\ \text{ms}^{-1}$$

$$= 23.42\ \text{kms}^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি,

P অবস্থানের জন্য,

$$g_P = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$$

$$\text{বা, } F_P = F\left(1 - \frac{d}{R}\right)$$

$$\text{বা, } 18 \times 10^3 = 56 \times 10^3 \left(1 - \frac{PR}{24.5 \times 10^6}\right)$$

$$\text{বা, } 18 = 56\left(1 - \frac{PR}{24.5 \times 10^6}\right)$$

$$\text{বা, } PR = \left(1 - \frac{18}{56}\right) \times 24.5 \times 10^6$$

$$\therefore PR = 16.625 \times 10^6\ \text{m}$$

এখানে,
R অবস্থানের জন্য বল,
$F = 56 \times 10^3$ N
P অবস্থানের জন্য বল,
$F_P = 18 \times 10^3$ N
নেপচুনের ব্যাসার্ধ,
$R = 24.5 \times 10^6$ m
গভীরতা, $d = PR = ?$

Q অবস্থানের জন্য,

$$F_Q = \frac{GMm}{(R + h)^2}$$

$$\text{বা, } 18 \times 10^3 = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 1.007 \times 10^{26} \times 5000}{\{(24.5 \times 10^6) + QR\}^2}$$

$$\text{বা, } \{(24.5 \times 10^6) + QR\}^2 = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 10^{26} \times 500}{18 \times 10^3}$$

$$\text{বা, } (24.5 \times 10^6) + QR = \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 1.007 \times 10^{26} \times 5000}{18 \times 10^3}}$$

$$\text{বা, } QR = \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 1.007 \times 10^{26} \times 5000}{18 \times 10^3}} - (24.5 \times 10^6)$$

$$\therefore QR = 18.704 \times 10^6\ \text{m} \neq PR$$

এখানে, মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$
নেপচুনের ভর,
$M = 1.007 \times 10^{26}$ kg
('গ' হতে প্রাপ্ত)
বস্তুর ভর, $m = 5000$ kg
Q অবস্থানের জন্য বল,
$F_Q = 18 \times 10^3$ N
উচ্চতা, $h = QR = ?$

অর্থাৎ, গাণিতিকভাবে উদ্দীপকের লেখচিত্র অনুসারে PR = QR হতে পারে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৫

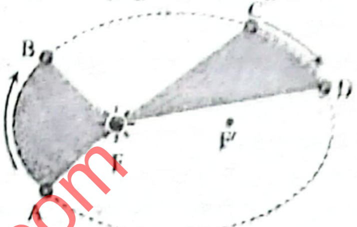
পৃথিবীর 23°N অক্ষাংশের কোনো বিন্দু A হতে 100 kg ভরের একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে 8 km/s দ্রুতিতে নিক্ষেপ করা হলো। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km এবং আহ্নিক গতির পর্যায়কাল 23 ঘণ্টা 56 মিনিট।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কাকে বলে? ১
খ. কেপলারের ২য় সূত্রটি চিত্রসহ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. A বিন্দুতে বস্তুটির ওজন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বস্তুটি সর্বোচ্চ যে উচ্চতায় উঠবে সেই বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য এবং বিভব নির্ণয় করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয় তাকে পার্কিং কক্ষপথ বলে।

খ কেপলারের ২য় সূত্রানুসারে সূর্য ও গ্রহের সংযোজক রেখা সমান সময়ে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করে। যেহেতু গ্রহ সূর্যকে উপকেন্দ্রে রেখে উপবৃত্তাকার পথে ঘোরে সেহেতু সূর্য হতে গ্রহের দূরত্ব সর্বদা সমান থাকে না।



ধরা যাক, F উপকেন্দ্রে সূর্যকে রেখে একটি গ্রহ ABCD উপবৃত্তাকার পথে ঘুরছে। A থেকে B-তে এবং C থেকে D-তে যেতে গ্রহটির যদি একই সময় লাগে তবে কেপলারের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে ABF ও CDF ক্ষেত্রদ্বয়ের ক্ষেত্রফল সমান হবে। এ থেকে বোঝা যায়, গ্রহ যখন সূর্যের কাছাকাছি অবস্থান করে তখন এর দ্রুতি বেশি হয় এবং যতই সূর্য থেকে দূরে যেতে থাকে ততই এর দ্রুতি কমতে থাকে।

গ ২২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A বিন্দুতে বস্তুটির ওজন 977.13 N।

ঘ বস্তুটির সর্বোচ্চ উচ্চতা নির্ণয়ের জন্য শক্তির সংরক্ষণ নীতি ব্যবহার করা যেতে পারে।

এক্ষেত্রে, নিক্ষেপণের সময় প্রাথমিক শক্তি = চূড়ান্ত শক্তি

$$\text{বা, } \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{R} = -\frac{GMm}{R + h}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2}v^2 - \frac{GM}{R} = -\frac{GM}{R + h}\ \text{['m' দ্বারা ভাগ করে]}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2}(8000)^2 - \frac{(6,673 \times 10^{-11})(6 \times 10^{24})}{6.4 \times 10^6}$$

$$= -\frac{(6.673 \times 10^{-11})(6 \times 10^{24})}{(6.4 \times 10^6) + h}$$

$$\text{বা, } -30559375 = -\frac{4.0038 \times 10^{14}}{(6.4 \times 10^6) + h}$$

$$\text{বা, } (6.4 \times 10^6) + h = \frac{4.0038 \times 10^{14}}{30559375}$$

$$\text{বা, } h = 13101707.74 - (6.4 \times 10^6)$$

$$\text{বা, } h = 6.7017 \times 10^6\ \text{m}$$

$$= 6701.7\ \text{km}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 100$ kg
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$
ব্যাসার্ধ, $R = 6400$ km
$= 6.4 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2\ \text{kg}^{-2}$
বেগ, $v = 8\text{km/s} = 8000\ \text{ms}^{-1}$
উচ্চতা = h

অর্থাৎ বস্তুটি সর্বোচ্চ 6701.7 km উচ্চতায় পৌঁছাবে। এই উচ্চতায় মহাকর্ষীয় বিভব এবং প্রাবল্য নির্ণয় করতে হলে,

আমরা জানি,

$$\text{মহাকর্ষীয় প্রাবল্য, } E = \frac{GM}{r^2}$$

$$= \frac{(6.673 \times 10^{-11})(6 \times 10^{24})}{(13.1017 \times 10^6)^2}$$

$$= 2.33\ \text{Nkg}^{-1}$$

এখানে, দূরত্ব, $r = R + h$
$= (6.4 \times 10^6) + (6.7017 \times 10^6)$
$= 13.1017 \times 10^6$ m

এবং মহাকর্ষীয় বিভব,

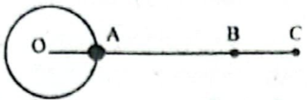
$$V = \frac{-GM}{r}$$

$$= -\frac{(6.673 \times 10^{-11})(6 \times 10^{24})}{13.1017 \times 10^{6}}$$

$$= -30.56 \times 10^{6} \text{ J/kg}$$

সুতরাং, A বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য 2.33 Nkg^{-1} এবং বিভব – 30.56 × 10^6 J/kg।

প্রশ্ন ▸ ৫০ ঢাকা সিটি কলেজ I প্রশ্ন নং ৫



চিত্রে মঙ্গল গ্রহের পৃষ্ঠে 5 kg ভরের একটি রোবট রয়েছে। রোবটটিকে মহাকাশ অনুসন্ধানের জন্য মঙ্গলের পৃষ্ঠ হতে দূর কোন গ্রহের উদ্দেশ্যে পাঠানো হবে। মঙ্গল গ্রহের ভর এবং ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6.4 × 10^{23} kg এবং 3390 km। এখানে, OA = BC এবং AB = 2OA।

ক. সংরক্ষণশীল বল কী? ১

খ. একটি হালকা ও ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে কোনটির গতিশক্তি বেশি হবে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মঙ্গল গ্রহের মুক্তি বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের B ও C বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব নির্ণয়পূর্বক B হতে C বিন্দুতে রোবটটিকে নিতে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে নির্ণয় করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাই সংরক্ষণশীল বল।

খ মনে করি, দুটি বস্তুর ভর m_1 ও m_2 ($m_2 > m_1$) এবং গতিবেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2। এদের ভরবেগ সমান হলে, $m_1v_1 = m_2v_2$

বা, $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$

∴ এদের গতিশক্তির অনুপাত $= \frac{E_{K_1}}{E_{K_2}} = \frac{\frac{1}{2}m_1v_1^2}{\frac{1}{2}m_2v_2^2} = \frac{m_1}{m_2} \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2$

$$= \frac{m_1}{m_2} \times \left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 = \frac{m_2}{m_1}$$

$\therefore m_2 > m_1$

$\therefore E_{K_1} > E_{K_2}$

অর্থাৎ হালকা বস্তুর গতিশক্তি বেশি হবে।

গ ১৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5019.56 m/s।

ঘ আমরা জানি,

কোন বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব,

$$V = -\frac{GM}{r}$$

B বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব,

$$V_B = -\frac{GM}{OB} = -\frac{GM}{OA + AB}$$

$$= -\frac{GM}{R + 2R} = -\frac{GM}{3R}$$

$$= -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23}}{3 \times 3390 \times 10^{3}}$$

$$= -4199331.367 \text{ Jkg}^{-1}$$

এখানে,
মঙ্গল গ্রহের ভর, M = 6.4 × 10^{23} kg
রোবটের ভর, m = 5 kg
মঙ্গল গ্রহের ব্যাসার্ধ,
R = 3390 km
= 3390 × 10^3 m
দূরত্ব, BC = OA = R
AB = 2OA = 2R
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
h = 6.673 × 10^{-11} $Nm^2 kg^{-2}$
B হতে C বিন্দুতে নিতে কৃতকাজ,
W = ?

C বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব,

$$V_C = -\frac{GM}{OC} = -\frac{GM}{OA + AB + BC} = -\frac{GM}{R + 2R + R} = -\frac{GM}{4R}$$

$$= -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6.4 \times 10^{23}}{4 \times 3390 \times 10^{3}} = -3149498.525 \text{ Jkg}^{-1}$$

আবার

বিভব V এবং বস্তুর ভর, m হলে কৃতকাজ, W = Vm

B ও C বিন্দুতে বিভব পার্থক্য, $V_{BC} = V_C - V_B$

$= (-3149498.525 + 4199331.367) \text{ Jkg}^{-1}$

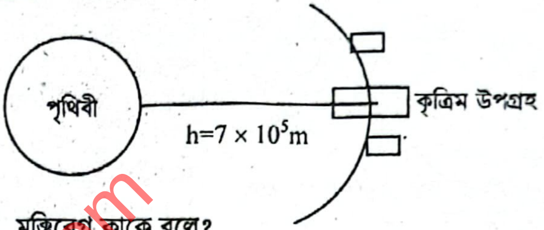
$= 1049832.842 \text{ Jkg}^{-1}$

B হতে C বিন্দুতে নিতে কৃতকাজ, $W = V_{BC}\, m$

$= (1049832.842 \times 5)$ J

$= 5249164.21$ J

প্রশ্ন ▸ ৫১ বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা I প্রশ্ন নং ৫



ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর গতিশক্তি ঋণাত্মক হতে পারে না কেন? ২

গ. উদ্দীপকের উপগ্রহটি পর্যায়কাল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের উপগ্রহটিকে ভূ-স্থির উপগ্রহে রূপান্তর করতে কী ব্যবস্থা অবলম্বন করতে হবে? উত্তরের স্বপক্ষে গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের কোনো স্থান থেকে সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহ বা উপগ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগকে তার মুক্তিবেগ বলে।

খ কোনো বস্তুর ভর m এবং বেগ v হলে তার গতিশক্তির সমীকরণটি হয়, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$। এই সমীকরণে বস্তুর ভর m সর্বদাই ধনাত্মক। তবে v এর মান ধনাত্মক বা ঋণাত্মক দুটোই হতে পারে। কিন্তু, v^2 এর মান কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না। কারণ, ধনাত্মক বা ঋণাত্মক সংখ্যার বর্গ সবসময়ই ধনাত্মক হয়। তাই কোনো বস্তুর গতিশক্তি ঋণাত্মক হতে পারে না।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: পর্যায়কাল, T = 5940.61 sec = 1.65 hr।

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: কৃত্রিম উপগ্রহটিকে আরো (35903.86 – 7 × 10^2) km = 35203.86 km উচ্চতায় তুলতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫২ বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা I প্রশ্ন নং ৪

মঙ্গলগ্রহের ভর পৃথিবীর ভরের $\frac{1}{9}$ অংশ এবং মঙ্গলের ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের অর্ধেক। (পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষীয় ত্বরণ 9.8 ms^{-2})

ক. মহাকর্ষীয় বিভব কাকে বলে? ১

খ. ঘূর্ণনরত কোনো গ্রহ সূর্যের কাছাকাছি আসলে এর বেগ বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. পৃথিবীতে একজন লোকের ওজন 90 kg-Wt হলে মঙ্গল গ্রহে ঐ ব্যক্তির ওজন কত হবে? ৩

ঘ. একটি বস্তুকে উভয় গ্রহের পৃষ্ঠ হতে 4 ms^{-1} বেগে খাড়া উপরে নিক্ষেপ করলে কোথায় বস্তুটি বেশি উচ্চতায় উঠবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয় তাকে ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় বিভব বলে।

খ পর্যায়কাল T এবং অর্ধপরাক্ষ r হলে, কেপলারের তৃতীয় সূত্রানুসারে,

$T^2 \propto r^3$ বা, $\left(\frac{2\pi}{\omega}\right)^2 \propto r^3$ বা, $\left(\frac{2\pi}{\frac{v}{r}}\right)^2 \propto r^3$ বা, $\frac{4\pi^2 r^2}{v^2} \propto r^3$

বা, $v^2 \propto \frac{1}{r}$ $\therefore v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$

অর্থাৎ গ্রহের বেগ অর্ধপরাক্ষের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।
তাই কোনো গ্রহ সূর্যের কাছাকাছি আসলে এর বেগ বেড়ে যায়।

গ আমরা জানি,

$g = \frac{Gm}{R^2}$

বা, $\frac{g_1}{g_2} = \frac{\frac{GM_1}{R_1^2}}{\frac{GM_2}{R_2^2}}$

বা, $\frac{9.8}{g_2} = \frac{\frac{M_1}{R_1^2}}{\frac{M_1}{9}} \times \left(\frac{R_1}{2}\right)^2$

বা, $\frac{9.8}{g_2} = \frac{9}{4}$

এখানে,
পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_1 = 9.8\ ms^{-2}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $= R_1$
পৃথিবীর ভর $= M_1$
এবং মঙ্গলগ্রহের ব্যাসার্ধ, $R_2 = \frac{R_1}{2}$
মঙ্গল গ্রহের ভর, $M_2 = \frac{M_1}{9}$
$= \frac{9.8 \times 4}{9}$

$\therefore g_2 = 4.355\ ms^{-2}$

সুতরাং, পৃথিবীতে m = −90 kg wt ওজনের একজন লোকের মঙ্গল গ্রহে ওজন হবে, $W_2 = mg_2 = 90 \times 4.355 = 391.95\ N$

∴ মঙ্গলগ্রহে ঐ ব্যক্তির ওজন হবে 391.95 N। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে পাই, পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_1 = 9.8\ ms^{-2}$
'গ' হতে পাই, মঙ্গল গ্রহের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_2 = 4.355\ ms^{-2}$
উভয় গ্রহের পৃষ্ঠ হতে 4 ms⁻¹ বেগে খাড়া উপরের দিকে একটি বস্তু নিক্ষেপ করা হলে,

পৃথিবীর ক্ষেত্রে,
আমরা জানি,
$v^2 = u^2 - 2g_1h_1$
বা $0^2 = 4^2 - 2g_1h_1$

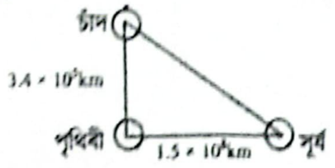
এখানে, উভয় ক্ষেত্রেই
বস্তুর আদিবেগ, $u = 4\ ms^{-1}$
সর্বোচ্চ উচ্চতায় শেষবেগ, $v = 0\ ms^{-1}$
পৃথিবীতে উচ্চতা, $h_1 = ?$
মঙ্গলগ্রহে উচ্চতা, $h_2 = ?$

বা, $0 = 16 - 2 \times 9.8 \times h_1$
বা, $h_1 = \frac{16}{2 \times 9.8}$
$\therefore h_1 = 0.816\ m$
মঙ্গলগ্রহের ক্ষেত্রে,
$v^2 = u^2 - 2g_2h_2$
$\Rightarrow 0 = 16 - 2g_2h_2$
বা, $0 = 10 - 2 \times 4.355 \times h$
বা, $h = \frac{16}{2 \times 4.355}$
$\therefore h_2 = 1.836\ m$

সুতরাং, $h_2 > h_1$ অর্থাৎ একটি বস্তুকে উভয় গ্রহের পৃষ্ঠ হতে 4ms⁻¹ বেগে খাড়া উপরে নিক্ষেপ করলে মঙ্গল গ্রহে বস্তুটি বেশি উচ্চতায় উঠবে।

প্রশ্ন ▶৫৩ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ I প্রশ্ন নং ৪

চিত্রটি লক্ষ কর:



পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg, সূর্য এর ভর 2×10^{30} kg, চাঁদের ভর 7.2×10^{22} kg.

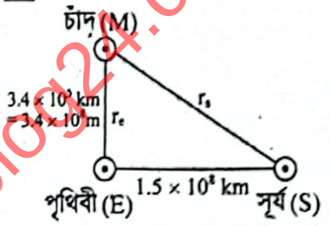
ক. ভূ-স্থির কৃত্রিম উপগ্রহ কাকে বলে? ১
খ. কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চাঁদে মহাকর্ষীয় বিভব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সূর্যগ্রহণ ও চন্দ্রগ্রহণ এই দুই সময়ের মধ্যে কখন চাঁদের মহাকর্ষীয় প্রাবল্য বেশি হবে?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের দিকের সাথে মিলিয়ে একই গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘণ্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু পৃথিবীর থেকে একজন পর্যবেক্ষকের কাছে এটি স্থির মনে হবে। এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূ-স্থির কৃত্রিম উপগ্রহ বলে।

খ বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত বস্তুর ওপর কেন্দ্রমুখী বল ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে যে কোনো মুহূর্তে কেন্দ্রমুখী বলের ($\vec{F_c}$) দিক বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর, কিন্তু প্রতিটি ক্ষুদ্র সময়ে বস্তুর ক্ষুদ্র সরণ ($\vec{ds}$) হয় বৃত্তের স্পর্শক বরাবর। ফলে $\vec{F_c}$ ও $\vec{ds}$ এর মধ্যকার কোণ $\theta = 90°$ হয়। সুতরাং, কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = \vec{F_c}.\vec{ds} = F_c \times ds \cos 90° = 0$। অর্থাৎ, কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না।

গ



এখানে, পৃথিবীর ভর,
$M_e = 6 \times 10^{24}$ kg
সূর্যের ভর, $M_s = 2 \times 10^{30}$ kg
চাঁদের ভর, $M_m = 7.2 \times 10^{22}$ kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$

∴ চাঁদ ও সূর্যের দূরত্ব, $r_s = \sqrt{(1.5 \times 10^8)^2 + (3.4 \times 10^5)^2}$
$= 150000385.3\ km = 1.5 \times 10^{11}m$

∴ পৃথিবীর জন্য চাঁদের মহাকর্ষীয় বিভব,

$V_e = -\frac{GM_e}{r_e}$

$= -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{3.4 \times 10^8}$

$= -1177588.235\ Jkg^{-1}$

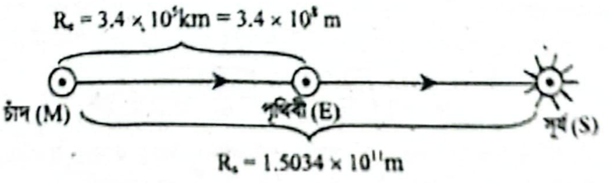
∴ সূর্যের জন্য চাঁদের মহাকর্ষীয় বিভব,

$V_s = -\frac{GM_s}{r_s} = -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{30}}{1.5 \times 10^{11}} = -889733333.3\ Jkg^{-1}$

∴ চাঁদের মোট মহাকর্ষীয় বিভব,
$V_m = (V_e + V_s)$
$= -1177588.235 - 890910921.5 = -890910921.5\ Jkg^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ চন্দ্রগ্রহণের সময় পৃথিবী, চাঁদ ও সূর্যের মাঝে থাকে এবং সূর্যগ্রহণের সময় চাঁদ, পৃথিবী ও সূর্যের মাঝে থাকে।

চন্দ্রগ্রহণ:



এখানে, সূর্য ও চাঁদের দূরত্ব, $MS = (1.5 \times 10^{11} + 3.4 \times 10^8)m$
$= 1.5034 \times 10^{11}m$

এক্ষেত্রে পৃথিবী ও সূর্য উভয়ের জন্য প্রাবল্য একই দিকে।

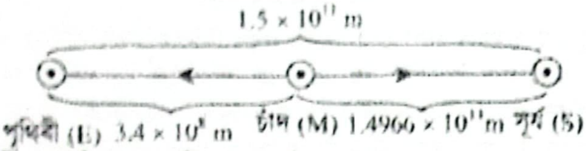
চাঁদের মহাকর্ষীয় প্রাবল্য, $E = \frac{GM_e}{R_e^2} + \frac{GM_s}{R_s^2}$

$$= G\left[\frac{M_e}{R_e^2} + \frac{M_s}{R_s^2}\right]$$

$$= 6.673 \times 10^{-11}\left[\frac{6 \times 10^{24}}{(3.4 \times 10^8)^2} + \frac{2 \times 10^{30}}{(1.5034 \times 10^{11})^2}\right]$$

$= 9.368 \times 10^{-3}$ Nkg^{-1}. [MS বরাবর]

সূর্যগ্রহণে:



পৃথিবীর জন্য চাঁদের মহাকর্ষীয় প্রাবল্য

$$E_1 = \frac{GM_e}{R_e^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(3.4 \times 10^8)^2}$$

$= 3.463 \times 10^{-3}$ Nkg^{-1}

[ME বরাবর]

সূর্যের জন্য চাঁদের মহাকর্ষীয় প্রাবল্য

$$E_2 = \frac{GM_s}{R_s'^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{30}}{(1.4966 \times 10^{11})^2}$$

এখানে,
পৃথিবী ও সূর্যের দূরত্ব,
$ES = 1.5 \times 10^{11}$ m
পৃথিবী ও চাঁদের দূরত্ব,
$EM = R_e = 3.4 \times 10^8$ m
∴ চাঁদ ও সূর্যের দূরত্ব, R_s ।
$MS = ES - EM$
$= (1.5 \times 10^{11} - 3.4 \times 10^8)$ m
$= 1.4966 \times 10^{11}$ m
পৃথিবীর ভর, $M_e = 6 \times 10^{24}$ kg
সূর্যের ভর, $M_s = 2 \times 10^{30}$ kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}

$= 5.959 \times 10^{-3}$ Nkg^{-1} [MS বরাবর]

যেহেতু E_1 ও E_2 এর দিক বিপরীত এবং $E_2 > E_1$ তাই চাঁদের লব্ধি প্রাবল্য
$E' = E_2 - E_1 = 5.959 \times 10^{-3} - 3.463 \times 10^{-3} = 2.496 \times 10^{-3}$ Nkg^{-1}
দেখা যাচ্ছে, $E > E'$
তাই বলা যায়, চন্দ্র গ্রহণের সময় চাঁদের মহাকর্ষীয় প্রাবল্য বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ ঢাকা ক্যান্টনমেন্ট গার্লস পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ । প্রশ্ন নং ৫

পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে 600 km উচ্চতায় একটি কৃত্রিম উপগ্রহ স্থাপন করা হলো। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km এবং পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8 ms^{-2}।

ক. কেপলারের তৃতীয় সূত্রটি লিখো। ১
খ. কোন গ্রহের মুক্তিবেগ ওই গ্রহের ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল কি-না? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের উপগ্রহটি ভূস্থির উপগ্রহে রূপান্তর করা সম্ভব কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কেপলারের ৩য় সূত্রটি হলো— সূর্যের চারদিকে প্রতিটি গ্রহের আবর্তনকালের বর্গ সূর্য থেকে ঐ গ্রহের কক্ষপথের অর্ধপরাক্ষের ঘনফলের সমানুপাতিক।

খ সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো গ্রহের পৃষ্ঠ হতে কোনো বস্তুকে নিক্ষেপ করলে তা আর সেখানে ফিরে আসে না, তাকে ঐ গ্রহের মুক্তিবেগ বলে।
আমরা জানি,
মুক্তিবেগের রাশিমালা,

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2GM}{R^2}R} = \sqrt{2gR}$$

এই সমীকরণগুলো পৃথিবীর ক্ষেত্রে প্রতিপাদন করা হলেও মহাবিশ্বের যেকোনো গ্রহ বা উপগ্রহের জন্যও এগুলো সমভাবে প্রযোজ্য।
মুক্তিবেগের উপরোক্ত রাশিমালায় গ্রহের ব্যাসার্ধের রাশি R সর্বদাই উপস্থিত থাকায় বলা যায় যে, কোনো গ্রহের মুক্তিবেগ ঐ গ্রহের ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8.192 ms^{-2}।

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** উদ্দীপকের উপগ্রহটিকে ভূস্থির উপগ্রহে পরিণত করা সম্ভব এবং এটি করতে 35903.86 km উচ্চতায় স্থাপন করতে হবে। অর্থাৎ কৃত্রিম উপগ্রহটির উচ্চতা আরো (35903.86 − 600) km বা 35303.86 km বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ আজিমপুর গভর্নমেন্ট গার্লস স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪

পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6×10^{24} kg ও 6.4×10^6 m। 100 kg ভরের একটি কৃত্রিম উপগ্রহকে বহির্বিশ্বে পাঠানোর জন্য ভূ-পৃষ্ঠ হতে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় তুলে তার মধ্যে 2.9×10^9 J গতিশক্তি সরবরাহ করা হলো।

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি লিখো। ১
খ. স্থিতিস্থাপকতার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের উপগ্রহটিকে ভূ-পৃষ্ঠ হতে কত উচ্চতায় উঠানো হয়েছিল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উপগ্রহটিকে বহির্বিশ্বে পাঠানোর জন্য সরবরাহকৃত গতিশক্তি পর্যাপ্ত কি-না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ পদার্থের অণুসমূহ পরস্পরের সাথে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল দ্বারা যুক্ত থাকে। বল প্রয়োগ করে কোনো একটি পদার্থকে প্রসারিত করতে চাইলে আন্তঃআণবিক স্থানের পরিসর বেড়ে যায় এবং নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্র অনুসারে কিংবা জড়তার দরুণ অণুগুলো তাদের পূর্বাবস্থায় ফিরে আসার চেষ্টা করে। আবার যদি বল প্রয়োগে সংকুচিত করার চেষ্টা করা হয় তবে আন্তঃআণবিক স্থানের পরিসর কমে যায় এবং পদার্থ সংকুচিত হয়। সেক্ষেত্রে অণুগুলো পরস্পরকে বিকর্ষণ করে আদি স্থানে ফিরে যাবার চেষ্টা করে। এভাবে পদার্থের স্থিতিস্থাপকতার সৃষ্টি হয়।

গ

কৃত্রিম উপগ্রহের বেগ v হলে,

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.9 \times 10^9}{100}}$$

$= 7615.77$ ms^{-1}

এখানে, কৃত্রিম উপগ্রহের গতিশক্তি,
$E_K = 2.9 \times 10^9$ J
কৃত্রিম উপগ্রহের ভর, $m = 100$ kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
$R = 6.4 \times 10^6$ m

ভূপৃষ্ঠ হতে কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা h হলে, $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$

বা, $v^2 = \frac{GM}{R+h}$

বা, $R + h = \frac{GM}{v^2}$

$$\therefore h = \frac{GM}{v^2} - R = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(7615.77^{-1})^2} - 6.4 \times 10^6$$

$= 5.25 \times 10^5$ m **(Ans.)**

ঘ কৃত্রিম উপগ্রহটিকে বহির্বিশ্বে তথা মহাশূন্যে প্রেরণের জন্য প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শক্তি,

$$W = \int_{R+h}^{\infty} F dr = \int_{R+h}^{\infty} \frac{GMm}{r^2} dr = GMm\int_{R+h}^{\infty} r^{-2} dr$$

$$= -GMm\left[\frac{1}{r}\right]_{R+h}^{\infty}$$

$$= -GMm\left[\frac{1}{\infty} - \frac{1}{R+h}\right]$$

$$= \frac{GMm}{R+h}$$

$$= \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 100}{6.4 \times 10^6 + 5.25 \times 10^5}$$

$= 5.78 \times 10^9$ J

এখানে,
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
কৃত্রিম উপগ্রহের ভর, $m = 100$kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$m
কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা, $h = 5.25 \times 10^5$m ('গ' হতে)

কিন্তু কৃত্রিম উপগ্রহের গতিশক্তি 2.9×10^{9} J, যা প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শক্তি অপেক্ষা কম। সুতরাং বলা যায়, সরবরাহকৃত গতিশক্তি কৃত্রিম উপগ্রহটিকে বহিঃবিশ্বে পাঠানোর জন্য পর্যাপ্ত নয়।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর । প্রশ্ন নং ৫

জিদান ও জুনায়েদ দুই বন্ধু সেকেন্ড দোলক ব্যবহার করে পাহাড়ের চূড়ায় ও খনির ভিতরে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান $9.2\ ms^{-2}$ পেল। জিদান বলল, পাহাড়ের উচ্চতা ও খনির গভীরতা একই কিন্তু জুনায়েদ বলল কখনোই না।

ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.8\ ms^{-2}$ এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km.

ক. স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কী? ১
খ. রাবারের চেয়ে স্টিল বেশি স্থিতিস্থাপক ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. জিদান ও জুনায়েদের উক্তির সত্যতা যাচাই করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুতে বা তারে অনেকক্ষণ ধরে পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধি করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্মের অবনতি ঘটে। তখন অসহ ভার অপেক্ষা কম ভারে ধরে বস্তুটি ছিঁড়ে যেতে পারে। বস্তুর এ অবস্থা হলো স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে বল প্রয়োগ করতে হয়, সম আকারের স্টিলের টুকরাতে একই বিকৃতি ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ রাবারের তুলনায় স্টিলের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি বলে স্টিল বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ আমরা জানি,

ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{R^2}$ এবং

ভূপৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$

এখন, $\frac{g}{g_h} = \frac{\frac{GM}{R^2}}{\frac{GM}{(R+h)^2}} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$

বা, $\frac{R+h}{R} = \sqrt{\frac{g}{g_h}}$

বা, $R + h = R\sqrt{\frac{g}{g_h}}$

বা, $h = R\sqrt{\frac{g}{g_h}} - R$

বা, $h = 6400\sqrt{\frac{9.8}{9.2}} - 6400$

$\therefore h \approx 205.40$ km

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$
পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_h = 9.2\ ms^{-2}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, R = 6400 km
পাহাড়ের উচ্চতা, h = ?

অর্থাৎ, পাহাড়টির উচ্চতা 205.40 কিলোমিটার (প্রায়) **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত,
পাহাড়ের উচ্চতা 205.40 কিলোমিটার (প্রায়)
আমরা জানি, ভূপৃষ্ঠ থেকে d গভীরতার খনিতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$

বা, $9.2 = 9.8\left(1 - \frac{d}{6400}\right)$

বা, $1 - \frac{d}{6400} = \frac{9.2}{9.8}$

বা, $d = \left(1 - \frac{9.2}{9.8}\right) \times 6400$

$\therefore d = 391.84$ km

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$
খনিতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_d = 9.2\ ms^{-2}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, R = 6400 km
খনির গভীরতা, d = ?

দেখা যাচ্ছে, পাহাড়ের উচ্চতার তুলনায় খনির গভীরতা অনেক বেশি। সুতরাং, জিদানের উক্তিটি ভুল এবং জুনায়েদের উক্তিটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৩

পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg এবং ব্যাসার্ধ 6.4×10^{6} m। 500 kg ভরের একটি কৃত্রিম উপগ্রহ পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে 700 km উচ্চতায় রাখা আছে।

ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১
খ. পৃথিবীর ব্যাস বরাবর সুড়ঙ্গ পথে m ভরের একটি বস্তু ছেড়ে দিলে তার গতির প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির আবর্তনকাল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কৃত্রিম উপগ্রহ থেকে 20 kg ভরের একটি বস্তুকে মহাশূন্যে পাঠাতে হলে কী পরিমাণ কাজ করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের পৃষ্ঠ থেকে সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহ বা উপগ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবেগ বলে।

খ পৃথিবীর ব্যাস বরাবর সুড়ঙ্গ পথে m ভরের একটি বস্তু ছেড়ে দিলে এটি সরল ছন্দিত গতি অনুসরণ করবে। প্রথমে মহাকর্ষ বল বস্তুটিকে পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে টানবে, ফলে এটি ক্রমশ বেগ অর্জন করবে। কেন্দ্র অতিক্রম করার পর মহাকর্ষ বল বিপরীত দিকে কাজ করবে এবং বস্তুটির গতি কমতে থাকবে। এক পর্যায়ে এটি অপর প্রান্তে পৌঁছে থেমে যাবে এবং আবার ফিরে আসবে। যেহেতু মহাকর্ষ বল বস্তুটির অবস্থানের সঙ্গে সরলরৈখিকভাবে পরিবর্তিত হয়, তাই এর গতি সম্পূর্ণভাবে সরল ছন্দিত গতির নিয়ম অনুসরণ করবে এবং একটি নির্দিষ্ট সময় অন্তর এটি একই গতিপথে দুলতে থাকবে।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.65 hr।

ঘ ৫৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.1278×10^{9} J।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ । প্রশ্ন নং ১

একটি 200 kg ভরের কৃত্রিম উপগ্রহ ভূ-পৃষ্ঠ হতে 3650 km উচ্চতায় থেকে পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করছে। পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 5.96×10^{24} kg এবং 6.4×10^{6} m।

◀ অধ্যায় ৪ ও ৬ এর সমন্বয়ে

ক. কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র বিবৃত করো। ১
খ. সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার বেগ শূন্য হলেও ত্বরণ শূন্য নাও হতে পারে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির কেন্দ্রমুখী ত্বরণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কৃত্রিম উপগ্রহটি টেলিযোগাযোগের জন্য উপযুক্ত কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি হলো— কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত সকল টর্কের লব্ধি শূন্য হলে বস্তুটির কৌণিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না।

খ সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার ক্ষেত্রে আমরা জানি, কণার ত্বরণ সাম্যবস্থান থেকে এর সরণের সমানুপাতিক এবং সব সময় সাম্য অবস্থানের অভিমুখী হয়। সরল ছন্দিত গতি বিশিষ্ট কণার বেগ, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$ এবং ত্বরণ $a = -\omega^2 x$। বেগ শূন্য হবে যখন $x = A$ হয় অর্থাৎ $v = \omega\sqrt{A^2 - A^2} = 0$, সেক্ষেত্রে কণার ত্বরণ হবে, $a = -\omega^2 A$ যেখানে A হলো বিস্তার। তাই বলা যায় সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার বেগ শূন্য হলেও ত্বরণ শূন্য নাও হতে পারে।

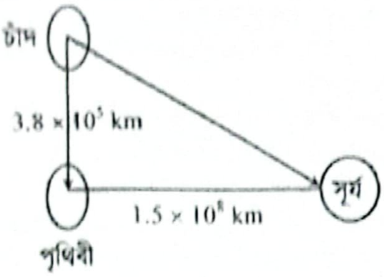
গ ১৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $3.94\ ms^{-2}$।

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: কৃত্রিম উপগ্রহটির পর্যায়কাল, T = 10037.95 sec = 2.78 h। সুতরাং এটি ভূস্থির উপগ্রহ নয়। তাই উপগ্রহটি টেলিযোগাযোগের জন্য উপযুক্ত নয়।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৪



পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg, সূর্যের ভর 2×10^{30} kg এবং চাঁদের ভর 7.2×10^{22} kg

ক. মৌলিক বল কী? ১

খ. পানি ভর্তি বালতি উলম্ব তলে ঘোরাতে থাকলে এর পানি পড়ে যায় না কেন? ২

গ. চাঁদে মহাকর্ষীয় বিভব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সূর্য গ্রহণ ও চন্দ্রগ্রহণ এই দুই সময়ের মধ্যে কখন চাঁদে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল বল মূল বা অকৃত্রিম অর্থাৎ অন্য কোনো বল থেকে উৎপন্ন হয় না বরং অন্যান্য বল কোনো না কোনো ভাবে এ সকল বলের প্রকাশ সেগুলোই মৌলিক বল।

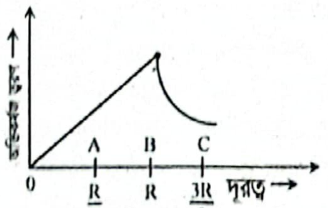
খ পানি ভর্তি পাত্র উলম্ব তলে ঘুরালে এর গতিপথ বৃত্তাকার হয়। বালতির উপর ক্রিয়াশীল কেন্দ্রবিমুখী বল এর ব্যাসার্ধ বরাবর বাইরের দিকে ক্রিয়া করে। তাই বালতিটি যখন খাড়া উপরের দিকে অবস্থান করে তখন তার পানির ওজন কাজ করে খাড়া নিচের দিকে এবং তার উপর কেন্দ্রবিমুখী বল কাজ করে খাড়া উপরের দিকে। এই কেন্দ্রবিমুখী বল ওজনের সমান বা বড় হলে তা বালতির পানির ওজনকে নিষ্ক্রিয় করে দেয়। ফলে বালতি থেকে পানি পড়ে যায় না।

গ ৫৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** -890786964.9 J kg^{-1}

ঘ ৫৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** চন্দ্রগ্রহণ ও সূর্যগ্রহণে চাঁদে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য যথাক্রমে 8.674×10^{-3} Nkg^{-1} এবং 3.189×10^{-3} Nkg^{-1} সুতরাং চন্দ্রগ্রহণের সময় চাঁদের মহাকর্ষীয় প্রাবল্য বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬০ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৪

দূরত্বের সাপেক্ষে পৃথিবীর অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তনের লেখচিত্র নিচে দেওয়া হলো:



পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg এবং
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক $G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}

ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১

খ. কখন কোনো বস্তুর ভরকেন্দ্র ও ভারকেন্দ্র একটি বিন্দুতে হয়? ২

গ. লেখচিত্রের 'B' চিহ্নিত অবস্থান হতে কোনো বস্তুর মুক্তি বেগের মান কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত A এবং C বিন্দুর মধ্যে কোথায় কোনো বস্তুর ওজন বেশি অনুভূত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের কোনো স্থান থেকে সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহে বা উপগ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগকে তার মুক্তিবেগ বলে।

খ বস্তু কণাগুলোর সমস্ত ভরকে একটি মাত্র বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত মনে করলে ঐ বিন্দুর মধ্য দিয়েই সমস্ত কণার উপর ক্রিয়ারত সমান্তরাল বলসমূহের লব্ধি ক্রিয়া করে বলে বিবেচিত হয়। ঐ বিন্দুকে বস্তুর ভরকেন্দ্র বলে। আবার কোনো বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন তার ওজন যে নির্দিষ্ট বিন্দুর মধ্য দিয়ে বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে, তাকে বস্তুর ভারকেন্দ্র বলে। বস্তুর আকৃতি সুষম হলে এর ভরকেন্দ্র ও ভারকেন্দ্র একই বিন্দুতে হয়।

গ ১৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 11.185 km s^{-1}

ঘ ২৫(গ) ও (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬১ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৫

কোনো একটি উপগ্রহ পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে 4R দূরত্বে পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করছে। উপগ্রহটি রাজশাহী বিভাগের বার্ষিক ক্রীড়া প্রতিযোগিতা সম্প্রচার করতে পারবে বলে নাসার সাথে চুক্তি করা হলো।

ক. মহাকর্ষীয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. কোন সময় সরলদোলকের গতি সরলরৈখিক হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উপগ্রহটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপগ্রহটি বার্ষিক ক্রীড়া প্রতিযোগিতা সম্প্রচার করতে পারবে কি? যদি না পারে তাহলে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে খেলাটি সম্প্রচার করতে পারবে। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভর বিশিষ্ট দুটি বস্তু কণা একক দূরত্ব থেকে যে পরিমাণ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে তার সংখ্যাগত মানকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

খ সরল দোলকের ববকে ধরে যেকোনো একদিকে টেনে ছেড়ে দিলে তা আবার বিপরীত দিক অর্থাৎ স্থির অবস্থায় যে অবস্থানে ছিল সেই দিকে সরে আসে। এ ধরনের গতিসম্পন্ন দোলকের গতি সরল দোল গতি। সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে রাখলে এর গতি সরলরৈখিক হয় অর্থাৎ $a \propto -x$ সম্পর্ক মেনে চলে।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3537.21 ms^{-1}।

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: কৃত্রিম উপগ্রহটির পর্যায়কাল 15.78 h হওয়ায় এটি ভূ-স্থির উপগ্রহ নয় অর্থাৎ, এটি বার্ষিক ক্রীড়া প্রতিযোগিতা সম্প্রচার করতে পারবে না। একে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে 35903.8 km উচ্চতায় বা বর্তমান উচ্চতা থেকে $(35903.8 - 4 \times 6400) = 10303.8$ km উচ্চতায় নিলে এটি ভূস্থির উপগ্রহে পরিণত হবে এবং এটি তখন বার্ষিক ক্রীড়া প্রতিযোগিতা সম্প্রচার করতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৬২ সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া ▌প্রশ্ন নং ৪

120 kg ভরের একটি কৃত্রিম উপগ্রহ ভূ-পৃষ্ঠ হতে 700 km উচ্চতায় তোলা হল। পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6×10^{24} kg ও 6.4×10^6 m।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১

খ. পৃথিবীর কেন্দ্র হতে দূরত্বের $(r = R + h)$ সাথে অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর পরিবর্তন লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ২

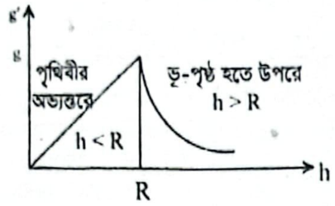
গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির কেন্দ্রমুখী ত্বরণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপগ্রহটির মহাশূন্যে মিলিয়ে যাবার সম্ভাবনা আছে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সঠিক সিদ্ধান্ত দাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয় তাই পার্কিং কক্ষপথ।

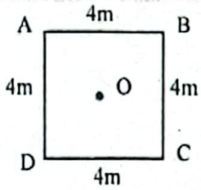
খ পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান শূন্য। কেন্দ্র হতে যত উপরে উঠা যায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান সমানুপাতিক হারে বাড়তে থাকে এবং ভূ-পৃষ্ঠে সর্বোচ্চ হয়। কারণ পৃথিবীর ভেতরে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = \frac{4}{3}\pi\rho G(R+h)$ অর্থাৎ $g \propto R$। ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে উঠা যায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান বর্গের ব্যস্তানুপাতিক হারে কমতে থাকে। কারণ, $g' = \frac{GM}{(R+h)^2}$ এবং $g \propto \frac{1}{R^2}$। নিচে এটি লেখচিত্রের সাহায্যে দেখানো হলো।



গ ১৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা । প্রশ্ন নং ৮



4 m বাহু বিশিষ্ট ABCD বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র O এবং উক্ত বিন্দুতে 0.5kg ভরের বস্তু রাখা আছে। A, B, C, D বিন্দুতে যথাক্রমে 2 kg, 2 kg, 4 kg, 4kg, ভরের চারটি বস্তু রাখা আছে। $G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$।

ক. দশা কাকে বলে? ১
খ. সরল দোলন গতির বৈশিষ্ট্যগুলো লিখো। ২
গ. O বিন্দুতে মহাকর্ষীয় বিভব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. O বিন্দুতে বস্তুটি স্থির থাকবে কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

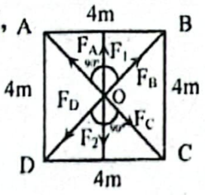
ক যে রাশি সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার যেকোনো মুহূর্তের বেগ, সরণ, ত্বরণ ইত্যাদির সম্যক অবস্থা বুঝায় তাকে দশা বলে।

খ সরল দোলন গতির বৈশিষ্ট্যগুলো হলো:

i. এটি একটি পর্যাবৃত্ত গতি যার গতিপথ সরলরৈখিক।
ii. এটি স্পন্দন গতি অর্থাৎ গতিপথের অর্ধেক সময় একদিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় পূর্বগতির বিপরীত দিকে চলে।
iii. বস্তুর ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক এবং বিপরীতমুখী। অর্থাৎ, $a \propto -x$.
iv. ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী।

গ ৪৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $-2.83 \times 10^{-10}\ Jkg^{-1}$।

ঘ O এবং A বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল মহাকর্ষ বল,



$$F_A = \frac{Gm_Am}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2 \times 0.5}{(2\sqrt{2})^2}$$
$$= 8.3375 \times 10^{-12}\ N \text{ [O থেকে A বরাবর]}$$

O এবং B বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল মহাকর্ষ বল,

$$F_B = \frac{Gm_Bm}{r^2}$$
$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 2 \times 0.5}{(2\sqrt{2})^2}$$
$$= 8.3375 \times 10^{-12}\ N \text{ [O থেকে B বরাবর]}$$

$\because F_A = F_B$,
তাই এদের লব্ধি F_1 এদের মাঝ বা সমদ্বিখণ্ডক বরাবর ওপরের দিকে ক্রিয়া করে।

$$\therefore F_1 = \sqrt{F_A{}^2 + F_B{}^2 + 2F_AF_B\cos 90^\circ} \quad [\because \angle AOB = 90^\circ]$$
$$= \sqrt{F_A{}^2 + F_A{}^2 + 2F_AF_A \times 0} \quad [\because F_A = F_B \text{ ও } \cos 90^\circ = 0]$$
$$= \sqrt{2 \times F_A{}^2} = \sqrt{2} \times F_A$$
$$= \sqrt{2} \times 8.3375 \times 10^{-12}$$
$$= 1.179 \times 10^{-11}\ N \text{ [খাড়া উপরের দিকে]}$$

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
বর্গের বাহু, $a = 4\ m$
বর্গের কর্ণ, $a\sqrt{2} = 4\sqrt{2}\ m$
O থেকে A, B, C ও D শীর্ষের দূরত্ব,
$OA = OB = OC$
$= OD = r = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{4\sqrt{2}}{2}$
$= 2\sqrt{2}$
A বিন্দুর বস্তুর ভর, $m_A = 2\ kg$
B বিন্দুর বস্তুর ভর, $m_B = 2\ kg$
C বিন্দুর বস্তুর ভর, $m_C = 4\ kg$
D বিন্দুর বস্তুর ভর, $m_D = 4\ kg$
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$
O বিন্দুর বস্তুর ভর $m = 0.5\ kg$

O এবং D বিন্দুর মধ্যে মহাকর্ষ বল,

$$F_D = \frac{Gm_Dm}{r^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 4 \times 0.5}{(2\sqrt{2})^2}$$
$$= 1.6675 \times 10^{-11}\ N \text{ [O থেকে D বরাবর]}$$

একইভাবে, O এবং C বিন্দুর মধ্যে মহাকর্ষ বল,

$F_C = F_D = 1.6675 \times 10^{-11}\ N$ [O থেকে C বরাবর]

$\because F_C = F_D$, তাই এদের লব্ধি F_2 $\angle COD$ এর সমদ্বিখণ্ডক বরাবর খাড়া নিচের দিকে OQ বরাবর ক্রিয়া করে।

$$\therefore F_2 = \sqrt{F_C{}^2 + F_D{}^2 + 2F_CF_D\cos 90^\circ} \quad [\because \angle COD = 90^\circ]$$
$$= \sqrt{F_C{}^2 + F_C{}^2 + 2F_CF_C\, 0} \quad [\because F_C = F_D \text{ ও } \cos 90^\circ = 0]$$
$$= \sqrt{2} \times F_C = \sqrt{2} \times 1.658 \times 10^{-11}$$
$$= 2.358 \times 10^{-11}\ N \quad \text{[খাড়া নিচের দিকে]}$$

O বিন্দুতে বস্তুর ওজন, $W = mg = 0.5 \times 9.8 = 4.9\ N$
এখন, $W + F_2 = 4.9 + 2.358 \times 10^{-11} \approx 4.9\ N > F_1$।
তাই বলা যায়, O বিন্দুতে বস্তুটি স্থির থাকবে না। খাড়া নিচের দিকে নামবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ২

পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg, ব্যাসার্ধ 6.4×10^6 m ভূ-পৃষ্ঠ হতে 1×10^6 m গভীরে 1.7 kg ভরের একটি বস্তুকে নেওয়া হলো।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১
খ. মহাকর্ষীয় বিভব অসীমে সর্বাধিক কিন্তু শূন্য– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উল্লিখিত স্থানে বস্তুটির উপর অভিকর্ষ বলের মান বের কর। ৩
ঘ. বস্তুটিকে উল্লেখিত গভীরতার সমপরিমাণ উপরে নিতে প্রয়োজনীয় কাজ বস্তুটিকে মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব হতে মুক্ত করতে যথেষ্ট কিনা– ব্যাখ্যা কর। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয় তাই পার্কিং কক্ষপথ।

খ কোনো বস্তুর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র এর ভারকেন্দ্র থেকে অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত। মহাকর্ষীয় বল আকর্ষণধর্মী হওয়ায় এই বিভব সর্বদা ঋণাত্মক হয়। পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে অসীম পর্যন্ত মহাকর্ষীয় বিভব, $V = -\frac{GM}{R+h}$ সূত্র দ্বারা পরিবর্তিত হয়। এখানে R হলো পৃথিবীর ব্যাসার্ধ এবং h হলো ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা। অর্থাৎ ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে ওঠা যায় মহাকর্ষীয় বিভব তত বাড়তে থাকে। অসীম দূরত্বের ক্ষেত্রে অর্থাৎ যখন $h = \infty$ তখন $V = 0$ হয়; যা সর্বাধিক।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে মহাকর্ষীয় বিভব, V অসীমে সর্বাধিক কিন্তু শূন্য।

গ আমরা জানি,

ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

আবার h গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_h = g\left(1 - \frac{h}{R}\right)$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
গভীরতা, $h = 1 \times 10^6$ m
বস্তুর ভর, $m = 1.7$ kg
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}

সুতরাং অভিকর্ষ বল $W = mg_h = mg\left(1 - \frac{h}{R}\right)$

$$= m \times \frac{GM}{R^2} \times \left(1 - \frac{h}{R}\right)$$

$$= 1.7 \times \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6)^2} \times \left(1 - \frac{1 \times 10^6}{6.4 \times 10^6}\right)$$

$= 14.021$ N **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

ভূপৃষ্ঠ থেকে কোনো বস্তুকে h উচ্চতায় উঠাতে কৃতকাজ,

$$W = \int_R^{R+h} \frac{GMm}{r^2}\,dr$$

$$= GMm \int_R^{R+h} r^{-2}\,dr$$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 1.7$ kg
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}
ভূপৃষ্ঠ হতে উচ্চতা, $h = 1 \times 10^6$ m

$$= GMm\left[-\frac{1}{r}\right]_R^{R+h} = GMm\left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h}\right]$$

$$= 6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 1.7 \times \left[\frac{1}{6.4 \times 10^6} - \frac{1}{6.4 \times 10^6 + 1 \times 10^6}\right]$$

$= 14.37 \times 10^6$ J

কোনো বস্তুকে মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব মুক্ত করতে হলে কমপক্ষে মুক্তিবেগের সমান বেগ দিতে হবে। এতে প্রয়োজনীয় গতিশক্তি $K = \frac{1}{2}mV_e^2$

$$= \frac{1}{2} \times m \times \left(\sqrt{\frac{2GM}{R}}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times m \times \frac{2GM}{R} = \frac{GMm}{R} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 1.7}{6.4 \times 10^6}$$

$= 106.35 \times 10^6$ J

এখানে, $W < K$

সুতরাং বস্তুটিকে উল্লেখিত গভীরতার সমান উপরে নিতে প্রয়োজনীয় কাজ বস্তুটিকে মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব হতে মুক্ত করতে যথেষ্ট নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ❙ প্রশ্ন নং ৪

পৃথিবীর ভর 6×10^{24}kg চাঁদের ভর 7.4×10^{22}kg। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6370 km এবং পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যবর্তী দূরত্ব 382500 km পৃথিবীর পৃষ্ঠ হতে একটি বস্তুকে সর্বনিম্ন বেগে নিক্ষেপ করে চাঁদে পাঠানো হলো।

ক. কক্ষপথ কী? ১
খ. চাঁদে বায়ুমন্ডল নেই কেন ব্যাখ্যা কর। ২
গ. পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যবিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কত? ৩
ঘ. পৃথিবী হতে চাঁদে পাঠানো বস্তুর নিক্ষেপণ বেগ নির্ণয় করা সম্ভব হবে কি? গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কক্ষপথ হলো একটি মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পথ বা অঞ্চল, যেখানে একটি বস্তু অন্য একটি বৃহত্তর বস্তুকে মহাকর্ষের প্রভাবে প্রদক্ষিণ করে।

খ মুক্তিবেগ গ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধের উপর নির্ভর করে। তাই চাঁদের-মুক্তিবেগ পৃথিবীর মুক্তিবেগ অপেক্ষা অনেক কম কারণ, $g_e > g_m$ এবং $R_e > R_m$, তাই মুক্তিবেগ, $v = \sqrt{2Rg}$ সূত্রানুসারে, $v_e > v_m$ হয়।
এখানে, g_e, R_e ও v_e হলো যথাক্রমে পৃথিবীর অভিকর্ষজ ত্বরণ, ব্যাসার্ধ ও মুক্তিবেগ এবং g_m, R_m ও v_m হলো যথাক্রমে চাঁদের অভিকর্ষজ ত্বরণ, ব্যাসার্ধ ও মুক্তিবেগ। মুক্তিবেগের ধারণা হতে বায়ুমন্ডল সম্পর্কে ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। পৃথিবীর বায়ুমন্ডলের গ্যাসীয় উপাদানগুলোর বেগ 3.9×10^2 ms^{-1} থেকে 4.9×10^2 ms^{-1} এর মধ্যে থাকে। বেগের এই সীমার মধ্যে বায়ুর অণুগুলো বিক্ষিপ্তভাবে ছুটাছুটি করে। হালকা H_2 অণুর গতিবেগ 11.2 kms^{-1} এর অধিক বলে হাইড্রোজেন পৃথিবীর বায়ুমন্ডলে থাকে না। তেমনি সূর্য খুব ভারী বলে এর মুক্তিবেগ অনেক বেশি এবং সূর্যে হাইড্রোজেন থাকে। চাঁদের মুক্তিবেগ কম বলে সেখানে মানুষের বসবাসের মত কোনো বায়বীয় উপাদান নেই অর্থাৎ বায়ুমন্ডল নেই।

গ আমরা পাই,

পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যবিন্দুতে,
পৃথিবীর জন্য মহাকর্ষীয় প্রাবল্য,

$$E_e = \frac{Gm_e}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{\left(\frac{382500000}{2}\right)^2}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $m_e = 6 \times 10^{24}$ kg
চাঁদের ভর, $m_m = 7.4 \times 10^{22}$ kg
পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 382500$ km
$= 382500000$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}

$= 0.0109$ Nkg^{-1}; পৃথিবীর দিকে ক্রিয়ারত

পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যবিন্দুতে, চাঁদের জন্য মহাকর্ষীয় প্রাবল্য,

$$E_m = \frac{Gm_m}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 7.4 \times 10^{22}}{\left(\frac{382500000}{2}\right)^2}$$

$= 1.35 \times 10^{-4}$ Nkg^{-1}; চাঁদের দিকে ক্রিয়ারত।

∴ লব্ধি মহাকর্ষীয় প্রাবল্য, $E = E_e - E_m$
$= 0.0109 - 1.35 \times 10^{-4}$
$= 0.0108$; পৃথিবীর দিকে ক্রিয়ারত। (Ans.)

ঘ ধরি, পৃথিবীর কেন্দ্র হতে x দূরত্বে অর্থাৎ, চাঁদ হতে (382500000 – x) দূরত্বে পৃথিবী ও চাঁদের প্রাবল্য সমান হবে।

$$\therefore \frac{Gm_e}{x^2} = \frac{Gm_m}{(382500000 - x)^2}$$

বা, $\frac{m_e}{x^2} = \frac{m_m}{(382500000 - x)^2}$

বা, $\left(\frac{382500000}{x} - 1\right)^2 = \frac{m_m}{m_e}$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, $m_e = 6 \times 10^{24}$ kg
চাঁদের ভর, $m_m = 7.4 \times 10^{22}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6370$ km
$= 6.37 \times 10^6$ m
মহাকর্ষী ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}$Nm^{2}kg^{-2}
পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 382500$ km
$= 382500000$ m
$= 3.825 \times 10^8$ m

বা, $\frac{382500000}{x} = \sqrt{\frac{m_m}{m_e}} + 1$

বা, $x = \frac{382500000}{\sqrt{\frac{m_m}{m_e}} + 1} = \frac{382500000}{\sqrt{\frac{7.4 \times 10^{22}}{6 \times 10^{24}}} + 1} = 3.4 \times 10^8$ m

এখানে নিরপেক্ষ বিন্দু পৃথিবী থেকে 3.4×10^8 m দূরে। 3.4×10^8 m থেকে যত সামনে যাওয়া যায়, চাঁদের আকর্ষণ বল তত বৃদ্ধি পাবে এবং পৃথিবীর আকর্ষণ বল কমতে থাকবে। অর্থাৎ লব্ধি বল চাঁদের দিকে হবে। তাই বস্তুটিকে পৃথিবী থেকে 3.4×10^8 m দূরত্বে পাঠাতে পারলে বাকি দূরত্ব চাঁদের আকর্ষণে অতিক্রম করে চাঁদের পৃষ্ঠে পৌঁছাবে।
মনে করি, পৃথিবী হতে x দূরত্বে পাঠাতে প্রয়োজনীয় বেগ v।
এখানে,

$$\frac{1}{2}mv^2 = \int_R^{R+x}\left[\frac{Gm_e m}{r^2} - \frac{Gm_m m}{(d-r)^2}\right]dr$$

বা, $\frac{1}{2}mv^2 = \left[-\frac{Gm_e m}{r}\right]_R^{R+x} + \left[\frac{Gm_m m}{d-r}\right]_R^{R+x}$

বা, $\frac{1}{2}mv^2 = -Gm_e m\left(\frac{1}{R+x} - \frac{1}{R}\right) + Gm_m m\left[\frac{1}{d-R-x} - \frac{1}{d-R}\right]$

বা, $\frac{1}{2}v^2 = Gm_e\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+x}\right) + Gm_m\left[\frac{1}{d-R-x} - \frac{1}{d-R}\right]$

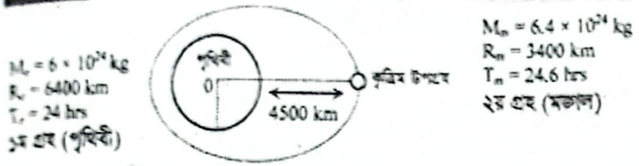
বা, $\frac{1}{2}v^2 = 6.673\times10^{-11}\times6\times10^{24}\left(\frac{1}{6.37\times10^6}-\frac{1}{6.37\times10^6+3.4\times10^8}\right)$

$+6.673\times10^{-11}\times7.4\times10^{22}\times\left[\frac{1}{3.825\times10^8\ 6.37\times10^6-3.4\times10^8}-\frac{1}{3.825\times10^8-6.37\times10^6}\right]$

$v = 11.12\ \text{kms}^{-1}$

অর্থাৎ, পৃথিবী হতে বস্তুটিকে 11.12 kms^{-1} অপেক্ষা আরেকটু বেশি বেগে নিক্ষেপ করলেই এটি চাঁদে পৌছে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৪



ক. মহাকর্ষীয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. কোন গ্রহের মুক্তিবেগ গ্রহের ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কৃত্রিম উপগ্রহটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গ্রহটি মঙ্গল হলে উপগ্রহটি ভূ-স্থির হতে কোন ক্ষেত্রে উচ্চতার অধিক পরিবর্তন করতে হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভর বিশিষ্ট দুটি বস্তু কণা একক দূরত্বে থেকে যে পরিমাণ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে তার সংখ্যাগত মানকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

খ সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো গ্রহের পৃষ্ঠ হতে কোনো বস্তুকে নিক্ষেপ করলে তা আর সেখানে ফিরে আসে না, তাকে ঐ গ্রহের মুক্তিবেগ বলে।

আমরা জানি,

মুক্তিবেগের রাশিমালা, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2GM}{R^2}R} = \sqrt{2gR}$

এই সমীকরণগুলো পৃথিবীর ক্ষেত্রে প্রতিপাদন করা হলেও মহাবিশ্বের যেকোনো গ্রহ বা উপগ্রহের জন্যও এগুলো সমভাবে প্রযোজ্য।

মুক্তিবেগের উপরোক্ত রাশিমালায় গ্রহের ব্যাসার্ধের রাশি R সর্বদাই উপস্থিত থাকায় বলা যায় যে, কোনো গ্রহের মুক্তিবেগ ঐ গ্রহের ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: কৃত্রিম উপগ্রহটির বেগ 6060 ms^{-1}।

ঘ ১ম গ্রহের (পৃথিবী) ক্ষেত্রে,

ভূ-স্থির উপগ্রহের জন্য প্রয়োজনীয় উচ্চতা, H_1 হলে,

$$H_1 = \left(\frac{GM_eT_e^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R_e$$

$$= \left\{\frac{6.673\times10^{-11}\times6\times10^{24}\times(24\times3600)^2}{4\pi^2}\right\}^{\frac{1}{3}} - 6.4\times10^6$$

$= 35903864.88$ m

$= 35903.86$ km

এখানে,

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,

$G = 6.673\times10^{-11}\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

১ম গ্রহের (পৃথিবীর)

ভর, $m_e = 6\times10^{24}$ kg

ব্যাসার্ধ, $R_e = 6400$ km

$= 6.4\times10^6$m

পর্যায়কাল, $T_e = 24$ hr

$= 24\times10^6$m

কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা,

$h = 4500$ km

২য় গ্রহের (মঙ্গল)

ভর, $m_m = 6.4\times10^{24}$ kg

ব্যাসার্ধ, $R_m = 3400$ km

$= 3.4\times10^6$m

পর্যায়কাল, $T_m = 24.6$ hr

$= 24.6\times3600$s

২য় গ্রহের ক্ষেত্রে, ভূ-স্থির উপগ্রহের জন্য প্রয়োজনীয় উচ্চতা, H_2 হলে,

$$H_2 = \left(\frac{GM_mT_m^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R_m$$

$$= \left\{\frac{6.673\times10^{-11}\times6.4\times10^{24}\times(24.6\times3600)^2}{4\pi^2}\right\}^{\frac{1}{3}} - 3.4\times10^6$$

$= 39606023.19$ m $= 39606.02$ km

অতএব দেখা যাচ্ছে $H_2 > H_1$ অর্থাৎ মঙ্গল গ্রহের জন্য উপগ্রহটি ভূ-স্থির হতে উচ্চতার অধিক পরিবর্তন করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৫

600 kg ভর বিশিষ্ট একটি কৃত্রিম উপগ্রহ 2500 km উচ্চতা দিয়ে পৃথিবীর চারদিকে ঘুরছে। একজন বিজ্ঞানী কৃত্রিম উপগ্রহটিকে 5×10^8 J শক্তি দ্বারা 3200 km উচ্চতায় নেওয়ার চেষ্টা করলেন। পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg, মহাকর্ষীয় ধ্রুবক 6.673×10^{-11} $\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$ এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km।

ক. হুকের সূত্রটি লেখো। ১

খ. কোন বস্তুর অসহ পীড়ন 6×10^8 Pa এর অর্থ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম অবস্থানের ক্ষেত্রে কৃত্রিম উপগ্রহটি গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপরিউক্ত শক্তি দ্বারা কৃত্রিম উপগ্রহটিকে দ্বিতীয় অবস্থানে নিতে বিজ্ঞানী সফল হয়েছিল কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

খ কোনো বস্তুর অসহ পীড়ন 6×10^8 Pa বলতে বুঝায়, সংশ্লিষ্ট বস্তুর প্রস্থচ্ছেদের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে (1 m^2) লম্বভাবে ন্যূনতম 6×10^8 N মানের বল প্রয়োগে বস্তুটি ভেঙ্গে যাবে।

গ আমরা জানি,

কৃত্রিম উপগ্রহের বেগ,

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

$\therefore$ গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{1}{2}\times m\times\frac{GM}{R+h}$$

$$= \frac{1}{2}\times600\times\frac{6.673\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{6400\times10^3+2500\times10^3}$$

$= 1.35\times10^{10}$ J **(Ans.)**

এখানে,

কৃত্রিম উপগ্রহের ভর,

$m = 600$ kg

উচ্চতা, $h = 2500$ km

$= 2500\times10^3$ m

পৃথিবীর ভর,

$M = 6\times10^{24}$ kg

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,

$G = 6.673\times10^{-11}$ $\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400$ km $= 6400\times10^3$ m

ঘ 'গ' হতে পাই, ১ম অবস্থানে গতিশক্তি, $E_k = 1.35\times10^{10}$ J

২য় অবস্থানে বেগ v' হলে গতিশক্তি,

$$E'_k = \frac{1}{2}m\times v'^2$$

$$= \frac{1}{2}\times m\times\frac{GM}{R+h'} \qquad \left[\because v' = \sqrt{\frac{GM}{R+h'}}\right]$$

$$= \frac{1}{2}\times600\times\frac{6.673\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{6400\times10^3+3200\times10^3}$$

$= 1.25\times10^{10}$ J

এখানে,

পৃথিবীর ভর, $M = 6\times10^{24}$ kg

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,

$R = 6400$ km

$= 6400\times10^3$ m

২য় অবস্থানে উচ্চতা,

$h' = 3200$ km

$= 3200\times10^3$ m

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,

$G = 6.673\times10^{-11}$ $\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$

কৃত্রিম উপগ্রহের ভর,

$m = 600$ kg

সুতরাং ২য় অবস্থানে নিতে কৃতকাজ,

W = গতিশক্তি পরিবর্তন

$= E'_k - E_k$

$= 1.25\times10^{10} - 1.35\times10^{10}$

$= -1\times10^9$ J

অর্থাৎ উপগ্রহটিকে ১ম অবস্থান হতে ২য় অবস্থানে নিতে 1×10^9 J শক্তি সরবরাহ করতে হবে। কিন্তু বিজ্ঞানী কর্তৃক 5×10^8J শক্তি সরবরাহ করা হয়েছিল যা 1×10^9J অপেক্ষা কম । অর্থাৎ বিজ্ঞানী সফল হয়নি।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট I প্রশ্ন নং ২

পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg, চাঁদের ভর 7.4×10^{22} kg। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6370 km এবং পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যবর্তী দূরত্ব 382500 km। পৃথিবীর পৃষ্ঠ হতে একটি বস্তুকে সর্বনিম্ন বেগে নিক্ষেপ করে চাঁদে পাঠানো হলো।

ক. ভূ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে? ১
খ. চাঁদের মুক্তি বেগ 1.2 km/s বলতে কি বুঝো? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পৃথিবী ও চাঁদের ঠিক মধ্যবিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কত? ৩
ঘ. পৃথিবী হতে চাঁদে পাঠানো বস্তুটির নিক্ষেপণ বেগ নির্ণয় করা যাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের দিকের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘন্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু পৃথিবীর থেকে একজন পর্যবেক্ষর কাছে এটি স্থির মনে হবে। এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূ-স্থির উপগ্রহ বলে।

খ যে ন্যূনতম বেগে কোনো বস্তুকে কোনো গ্রহ বা উপগ্রহ থেকে ওপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহে বা উপগ্রহে ফিরে আসে না তাকে ঐ গ্রহের বা উপগ্রহে মুক্তিবেগ বলে। চাঁদে কোনো বস্তুর মুক্তিবেগ 1.2 km/s বলতে বুঝায় চাঁদের পৃষ্ঠ হতে 1.2 km/s বেগে কোনো বস্তুকে উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর চাঁদে ফিরে আসবে না। অর্থাৎ, বস্তুটি চাঁদের আকর্ষণ কাটিয়ে মহাশূন্যে চলে যাবে।

গ ৬৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৬৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ সরকারি নুরুননাহার মহিলা কলেজ, ঝিনাইদহ I প্রশ্ন নং ৫

একটি কৃত্রিম উপগ্রহ পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে 600 km উচ্চতায় স্থাপন করা হলো। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km এবং পৃথিবীপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8 ms^{-2}।

ক. মুক্তিবেগ কী? ১
খ. পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ পরিবর্তন হবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের উপগ্রহটি ভূস্থির উপগ্রহে রূপান্তর করা সম্ভব কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের কোনো স্থান থেকে সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহ বা উপগ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগই হলো তার মুক্তিবেগ।

খ আমরা জানি, পৃথিবীর ঘনত্ব ρ, ব্যাসার্ধ R এবং মহাকর্ষীয় ধ্রুবক G হলে, ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{4}{3}G\pi R\rho$

অর্থাৎ, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ ধ্রুব থাকলে, $g \propto \rho$ [$\because$ G ও π ধ্রুবক]

অতএব, পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ সমানুপাতে পরিবর্তিত হবে, যদি পৃথিবীর ব্যাসার্ধ অপরিবর্তিত থাকে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8.192 ms^{-2}।

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** উদ্দীপকের উপগ্রহটিকে ভূস্থির উপগ্রহে পরিণত করতে 35903.86 km উচ্চতায় স্থাপন করতে হবে। অর্থাৎ, কৃত্রিম উপগ্রহকে (35903.86 − 600) বা 35303.86 km উচ্চতায় উঠাতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭০ বরগুনা সরকারি মহিলা কলেজ I প্রশ্ন নং ৫

একটি কমিউনিকেশন স্যাটেলাইট পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে 35880 km উচ্চতায় আছে এবং ইহা বৃত্তাকার কক্ষপথে পৃথিবীকে আবর্তন করে। দেওয়া আছে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R = 6376 km, ভর $M = 5.98 \times 10^{24}$ kg এবং $G = 6.66 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}।

ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১
খ. সূর্যের সকল গ্রহে মুক্তিবেগের মান সমান কি-না? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্যাটেলাইটের বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের স্যাটেলাইটকে ভূ-স্থির বলা যায় কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের কোনো স্থান থেকে সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর ঐ গ্রহে বা উপগ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবেগ বলে।

খ কোনো গ্রহের ভর, M এবং ব্যাসার্ধ, R হলে ঐ গ্রহের মুক্তিবেগের মান, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ হয়। সূর্যের প্রতিটি গ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধের মান ভিন্ন ভিন্ন। মুক্তিবেগ যেহেতু ভর ও ব্যাসার্ধের উপর নির্ভর করে তাই সূর্যের প্রতিটি গ্রহের মুক্তিবেগের মান ভিন্ন হবে। তাই বলা যায় সূর্যের সকল গ্রহে মুক্তিবেগের মান সমান নয়।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: স্যাটেলাইটের বেগ 3070 ms^{-1}।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: স্যাটেলাইটটির পর্যায়কাল 86481.80 sec বা 24.02 hr ≠ 24 hr তাই উদ্দীপকের স্যাটেলাইটকে ভূ-স্থির বলা যায় না।

Tutor ৭১ থেকে ৯২ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph1bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet linked

৭১. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৭২. সিলেট বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৭৩. যশোর বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৭৪. যশোর বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৭৫. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৭৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৭৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৭৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৭৯. যশোর বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮০. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৮১. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮২. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৮৩. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮৬. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
৮৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৮৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯০. সিলেট বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ১ .... panjeree.com/hsc
৯১. যশোর বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯২. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc

অধ্যায় ৭ পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২৩	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২২	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২১	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	১	১	১	১	১	০	১	৭
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৬	১	–	১	০	১	১	১	০	১	৬
২০১৫	১	–	০	১	০	০	১	০	১	৪
মোট প্রশ্ন	৮	৩	৭	৭	৭	৭	৮	৫	৮	–

* বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি এবং ২০২১ সালের NCTB প্রণীত পুনর্বিন্যাসকৃত সিলেবাসে অধ্যায়টি অন্তর্ভুক্ত করা হয়নি।

অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮

একটি পরীক্ষণে 1cm এবং 3cm ব্যাসার্ধের ভিন্ন উপাদানের দুটি তার একটি দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলানো হলো। তার দুটির দৈর্ঘ্য অভিন্ন। তার দুটিতে একই ভর ঝুলানোতে দ্বিতীয় তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি প্রথম তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির অর্ধেক হলো। প্রথম তারটির পয়সনের অনুপাত 0.3।

ক. পীড়ন কী? ১

খ. তাপমাত্রা বাড়ালে স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের মান কমে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম তারটির দৈর্ঘ্য 10% বাড়ালে এর ব্যাসার্ধ কতটুকু হ্রাস পাবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন তারটির ভর বহনের সক্ষমতা বেশি হবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিকৃতি ঘটা কোনো বস্তুর অভ্যন্তরে প্রতি একক ক্ষেত্রফলের ওপর লম্বভাবে উদ্ভূত বিকৃতির বিরুদ্ধে যে প্রত্যয়নী বলের উদ্ভব হয়, তাই পীড়ন।

খ আমরা জানি, স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক $Y = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$।

অর্থাৎ $Y \propto \frac{1}{\text{বিকৃতি}}$ ……… (1)

বা, স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বিকৃতির ব্যস্তানুপাতিক। আবার, তাপমাত্রা বাড়লে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি বেশি হয়, কিন্তু আদি দৈর্ঘ্য একই থাকে। তাই, তাপমাত্রা বৃদ্ধি ΔT হলে, $\frac{\ell}{L} \propto \Delta T$...(2)। অর্থাৎ, দৈর্ঘ্য বিকৃতি তাপমাত্রা বৃদ্ধির সমানুপাতিক। (1) ও (2) থেকে পাই, $Y \propto \frac{1}{\Delta T}$। অর্থাৎ স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক তাপমাত্রার সাথে ব্যস্তানুপাতিকভাবে সম্পর্কিত। তাই, তাপমাত্রা বাড়লে স্থিতিস্থাপক গুনাংকের মান কমে যায়।

গ আমরা জানি,

$$\sigma = -\frac{L}{r}\frac{\Delta r}{\Delta L}$$

বা, $\Delta r = -\sigma r \frac{\Delta L}{L}$

বা, $\Delta r = -0.3 \times 1 \times 0.1$

$\therefore$ $\Delta r = -0.03$ cm

এখানে,

১ম তারের ব্যাসার্ধ, $r = 1$ cm

দৈর্ঘ্য বিকৃতি, $\frac{\Delta L}{L} = 10\% = \frac{10}{100} = 0.1$

পয়সনের অনুপাত, $\sigma = 0.3$

$\therefore$ ব্যাসার্ধের পরিবর্তন, $\Delta r = ?$

এখানে ঋণাত্মক চিহ্ন নির্দেশ করে ব্যাসার্ধ হ্রাস পেয়েছে। সুতরাং ব্যাসার্ধ হ্রাস = 0.03 cm। **(Ans.)**

ঘ আমরা পাই,

$$Y_1 = \frac{FL}{A_1 l_1}$$

$$Y_2 = \frac{FL}{A_2 l_2}$$

$$\therefore \frac{Y_1}{Y_2} = \frac{A_2 l_2}{A_1 l_1} = \frac{\pi r_2^2 \frac{l}{2}}{\pi r_1^2 l}$$

$$= \frac{r_2^2}{2r_1^2} = \frac{3^2}{2 \times (1)^2} = \frac{9}{2}$$

বা, $Y_1 = \frac{9}{2} Y_2$

$\therefore Y_1 > Y_2$

দেওয়া আছে,

১ম তারের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 1$ cm

২য় তারের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 3$ cm

ধরি, প্রথম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = l$

$\therefore$ দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_2 = \frac{l}{2}$

উভয় তারের আদি দৈর্ঘ্য = L

উভয় তারের একই ভর ঝোলানোয় প্রযুক্ত বল = F

১ম তারের ইয়ং এর গুণাংক = Y_1

২য় তারের ইয়ং এর গুণাংক = Y_2

যেহেতু, ১ম তারের ইয়ং এর গুণাংক ২য় তারের ইয়ং এর গুণাংক অপেক্ষা বেশি, তাই ১ম তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক। এজন্য ১ম তারের ভর বহনের সক্ষমতা বেশি।

প্রশ্ন ▸ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫

A ও B দুটি তারের দৈর্ঘ্য সমান। A তারের ব্যাস 3 mm এবং এর ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y_A = 2 \times 10^9$ Nm^{-2}। B তারের ব্যাস 2 mm। তার দুটিতে পৃথক পৃথক সময়ে প্রতিটিতে 40kg ভর ঝুলালে প্রথম তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি দ্বিতীয়টির তিনগুণ হয়।

ক. অসহ পীড়ন কী? ১

খ. ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক 2×10^{11} Nm^{-2}— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম তারের দৈর্ঘ্য 30% বৃদ্ধি করলে একক আয়তনে সঞ্চিত বিভব শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. $Y_B > Y_A$ সম্পর্কটি যুক্তিসঙ্গত কি-না— গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভারকে বা অসহ ওজনকে অসহ পীড়ন বলে।

খ ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} Nm^{-2}$ বলতে বুঝায়, 1m দৈর্ঘ্য এবং $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ইস্পাতের তৈরি কোনো তারের দৈর্ঘ্য বরাবর 2×10^{11} N বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

গ A তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি,

$$U_A = \frac{1}{2} \times \text{পীড়ন} \times \text{বিকৃতি}$$
$$= \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{l}{L}$$
$$= \frac{1}{2} \times \frac{\frac{YAl}{L}}{A} \times \frac{l}{L}$$
$$= \frac{1}{2} \times Y \times \left(\frac{l}{L}\right)^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^9 \times \left(\frac{0.3L}{L}\right)^2$$
$$= 10^9 \times (0.3)^2 = 9 \times 10^7 \text{ Jm}^{-3} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে, আদি দৈর্ঘ্য = L হলে,
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l = L এর 30%
$= 0.3L$
ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y = 2 \times 10^9 Nm^{-2}$
তারের ব্যাস, d = 3 mm

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $Y_B = \frac{27}{4} Y_A$; তাই $Y_B > Y_A$ সম্পর্কটি যুক্তিসঙ্গত।

প্রশ্ন ▶ ৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৬

10 cm বাহুবিশিষ্ট একটি ইস্পাতের তৈরি ঘনকের উপরিতলে 2.48×10^7N আকার পীড়ন সৃষ্টিকারী স্পর্শক বল প্রয়োগ করলে বিপরীত স্থির তলের সাপেক্ষে তলটির 2.95 mm সরণ ঘটে। অপরদিকে 3 cm বাহুবিশিষ্ট একটি অ্যালুমিনিয়াম ঘনকের বিপরীত তলে সমান ও বিপরীত স্পর্শকীয় বল প্রয়োগের তলের কৌণিক সরণ হয় 0.01° । অ্যালুমিনিয়ামের আকার গুণাঙ্ক $2.6 \times 10^{10} Nm^{-2}$।

ক. স্থিতিস্থাপক সীমা কাকে বলে? ১

খ. তামার ইয়ং এর গুণাঙ্ক $12.6 \times 10^{10} Nm^{-2}$ বলতে কী বুঝ? ২

গ. অ্যালুমিনিয়ামের ঘনকের উপর প্রযুক্ত বলের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন উপাদানের তৈরি ঘনকের দৃঢ়তা বেশি? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বলের যে সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তুর ন্যায় আচরণ করে অর্থাৎ হুকের সূত্র মেনে চলে তাকে ঐ বস্তুর স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

খ তামার ইয়ং এর গুণাঙ্ক $12.6 \times 10^{10} Nm^{-2}$ বলতে বুঝায়, 1m দৈর্ঘ্য এবং $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের তামার তৈরি কোনো তারের দৈর্ঘ্য বরাবর 12.6×10^{10}N। বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

গ অ্যালুমিনিয়াম ঘনকের উপর প্রযুক্ত বল F হলে,

আকার গুণাঙ্ক, $\eta = \frac{\frac{F}{A}}{\theta}$

বা, $\eta = \frac{F}{A\theta}$

বা, $F = \eta A\theta$

বা, $F = 2.6 \times 10^{10} \times 9 \times 10^{-4} \times \frac{0.01\pi}{180}$

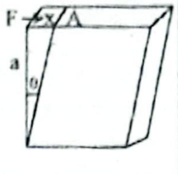
$= 4084.08$ N

এখানে,
অ্যালুমিনিয়ামের আকার গুণাঙ্ক,
$\eta = 2.6 \times 10^{10} N m^{-2}$
ঘনকের বাহুর দৈর্ঘ্য, a = 3cm = 0.03 m
তলের ক্ষেত্রফল,
$A = a^2 = (0.03)^2 m^2$
$= 9 \times 10^{-4} m^2$
কৌণিক সরণ, $\theta = 0.01°$
$= \frac{0.01 \times \pi}{180}$ rad

∴ অ্যালুমিনিয়াম ঘনকের উপর প্রযুক্ত বল F = 4084.08N **(Ans.)**

ঘ ইস্পাতের দৃঢ়তার গুণাঙ্ক η' হলে,

$$\eta' = \frac{\frac{F}{A}}{\theta}$$



বা, $\eta' = \frac{F}{A\theta}$

বা, $\eta' = \frac{2.48 \times 10^7}{0.01 \times 0.0295}$

$\therefore \eta' = 8.41 \times 10^{10} Nm^{-2}$

দেওয়া আছে,
অ্যালুমিনিয়ামের দৃঢ়তার গুণাঙ্ক
$\eta = 2.6 \times 10^{10} Nm^{-2}$
দেখা যাচ্ছে, $\eta' > \eta$।

এখানে,
ইস্পাতের ঘনকের ক্ষেত্রে,
বাহুর দৈর্ঘ্য, a = 10 cm = 0.1m
তলের ক্ষেত্রফল,
$A = a^2 = (0.1)^2 = 0.01m^2$
স্পর্শকীয় বল,
$F = 2.48 \times 10^7$N
আপেক্ষিক সরণ, x = 2.95 mm
= 0.295 cm
কৃন্তন বিকৃতি,
$\theta = \frac{\text{সরণ}}{\text{বাহুর দৈর্ঘ্য}} = \frac{x}{a}$
$= \frac{0.295 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 0.0295$

সুতরাং বলা যায়, ইস্পাতের তৈরি ঘনকের দৃঢ়তা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ২

P ও Q দুটি তারের দৈর্ঘ্য সমান কিন্তু ব্যাস যথাক্রমে 4 mm ও 8 mm। তার দুটিকে সমান বলে টানার ফলে P তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি Q তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির তিনগুণ হয়। Q তারের পয়সনের অনুপাত 0.45 ।

ক. স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কাকে বলে? ১

খ. একটি মটর সাইকেল ও একটি প্রাইভেট কারের ভরবেগ সমান হলে কোনটির গতিশক্তি বেশি হবে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. Q তারের দৈর্ঘ্য 5% হ্রাস করা হলে এর ব্যাসার্ধ কতটুকু বৃদ্ধি পাবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন তারের স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুতে ক্রমাগত পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধি করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্মের অবনতি ঘটে। এর ফলে বল অপসারণের সাথে সাথে বস্তু আগের অবস্থা ফিরে পায় না— কিছুটা দেরি হয়। তখন অসহ ভার অপেক্ষা কম ভারে বস্তুটি ছিঁড়ে যেতে পারে। বস্তুর এ অবস্থাকে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি বলে।

খ আমরা জানি, গতিশক্তি E_k ও ভরবেগ P হলে, গতিশক্তি ও ভরবেগের মধ্যে সম্পর্ক $E_k = \frac{P^2}{2m}$। ভরবেগ P সমান হলে, $E_k \propto \frac{1}{m}$।

দুইটি বস্তুর ভরবেগ সমান হলে, গতিশক্তি, ভরের ব্যাস্তানুপাতিক।

যার ভর কম, তার গতিশক্তি বেশি। এজন্য মোটরসাইকেল ও প্রাইভেট কারের ভরবেগ সমান হলেও, মোটরসাইকেলের ভর প্রাইভেট কারের চেয়ে কম হওয়ায় মোটর সাইকেলের গতিশক্তি বেশি হবে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.09 mm

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $Y_P = \frac{4}{3} Y_Q$ অর্থাৎ, $Y_P > Y_Q$। তাই P তারের স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৭

X এবং Y তারের বিভিন্ন রাশির মান নিম্নের ছকে দেয়া হল:

তার	দৈর্ঘ্য L(m)	ব্যাসার্ধ r(mm)	বল F(N)	দৈর্ঘ্য প্রসারণ l(mm)	ব্যাস হ্রাস d(mm)
X	0.80	0.5	5	7	0.005
Y	0.75	0.6	6	8	0.01

ক. কার্যকরতা কাকে বলে? ১

খ. তামার তারের পয়সনের অনুপাত 0.33 বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. X তারের পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. X ও Y তারের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো যন্ত্র হতে প্রাপ্ত মোট কার্যকর ক্ষমতা এবং ঐ যন্ত্রে প্রদত্ত মোট ক্ষমতার অনুপাতকে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

খ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত বলে।

তামার তারের পয়সনের অনুপাত 0.33 বলতে বোঝায়, তামার তারের দৈর্ঘ্য বরাবর স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বল প্রয়োগ করলে পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত সব সময় 0.33 হয়।

গ আমরা জানি,

$$\sigma = -\frac{\Delta r L}{r l}$$

$$= -\frac{(-2.5\times10^{-6})\times0.8}{5\times10^{-4}\times7\times10^{-3}}$$

$$= 0.571 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
X তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L = 0.80$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 7$ mm $= 7\times10^{-3}$ m
আদি ব্যাসার্ধ,
$r = 0.5$ mm $= 0.5\times10^{-3}$ m $= 5\times10^{-4}$ m
ব্যাসার্ধের হ্রাস, $\Delta r = -\frac{0.005 \text{ mm}}{2} = -2.5\times10^{-6}$ m
পয়সনের অনুপাত, $\sigma = ?$

ঘ আমরা জানি,
ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক,

$$Y = \frac{FL}{Al}$$

X তারের ক্ষেত্রে,

$$\therefore Y_X = \frac{F_X L_X}{A_X l_X} = \frac{F_X L_X}{\pi r_X^2 l_X}$$

$$= \frac{5\times0.8}{3.14\times(0.0005)^2\times7\times10^{-3}}$$

$$= 7.28\times10^{8} \text{ Nm}^{-2}$$

আবার, Y তারের ক্ষেত্রে,

$$Y_Y = \frac{F_Y L_Y}{A_Y l_Y}$$

$$= \frac{F_Y L_Y}{\pi r_Y^2 l_Y}$$

$$= \frac{6\times0.75}{3.14\times(0.0006)^2\times8\times10^{-3}}$$

$$= 4.97\times10^{8} \text{ Nm}^{-2}$$

এখানে, X তারের ক্ষেত্রে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_X = 0.80$ m
ব্যাসার্ধ, $r_X = 0.50$ mm $= 0.0005$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_X = 7$ mm $= 7\times10^{-3}$ m
বল, $F_X = 5$N
X-তারের ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক, $Y_X = ?$
Y তারের ক্ষেত্রে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_Y = 0.75$ m
ব্যাসার্ধ, $r_Y = 0.60$ mm $= 0.0006$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_Y = 8$ mm $= 8\times10^{-3}$ m
বল, $F_Y = 6$N
Y-তারের ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক, $Y_Y = ?$

যেহেতু, $Y_X > Y_Y$ অতএব X তারের ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক বেশি। অর্থাৎ X তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ৬

চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫

P, Q ও R তারের বিভিন্ন রাশির মান নিম্নরূপ:

তার	আদি দৈর্ঘ্য L (m)	ব্যাস D ($\times10^{-3}$ m)	দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি l ($\times10^{-3}$ m)	ব্যাস হ্রাস d ($\times10^{-6}$ m)	প্রযুক্ত বল F (N)
P	1	2	0.14	0.0418	10
Q	1	2	0.18	0.0593	12
R	1	2	0.22	0.0912	13

ক. আপেক্ষিক আর্দ্রতা কাকে বলে? ১

খ. পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান শূন্য কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 'R' তারটির পয়সনের অনুপাত কত? ৩

ঘ. P ও Q তার দুটির মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন হয় তাদের অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

খ আমরা জানি, ভূপৃষ্ঠ হতে h গভীরের কোনো স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g = \frac{4}{3}\pi G\rho(R-h)$$

ভূকেন্দ্রের ক্ষেত্রে, $h = R$

যেখানে, G = মহাকর্ষীয় ধ্রুবক
ρ = পৃথিবীর ঘনত্ব
R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ

আমরা পাই, $g = \frac{4}{3}\pi G\rho(R-R) = \frac{4}{3}\pi G\rho\times0$

$\therefore g = 0$

সুতরাং আমরা বলতে পারি, ভূ-কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণ এর মান শূন্য।

গ আমরা জানি,

$$\sigma = \frac{dL}{Dl}$$

$$= \frac{0.0912\times10^{-6}\times1}{2\times10^{-3}\times0.22\times10^{-3}}$$

$$= 0.2073 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
R তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L = 1$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 0.22\times10^{-3}$
আদি ব্যাস, $D = 2\times10^{-3}$ m
ব্যাসের পরিবর্তন, $d = 0.0912\times10^{-6}$ m
পয়সনের অনুপাত, $\sigma = ?$

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $Y_P = 2.274\times10^{10}$ Nm^{-2}

$Y_Q = 2.12\times10^{10}$ Nm^{-2}; $Y_P > Y_Q$; অর্থাৎ P তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ৭

সিলেট বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫

P, Q এবং R তিনটি তারে 8×10^{12} Nm^{-2} মানের পীড়ন প্রয়োগ করা হল। এর ফলে তারগুলোর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি যথাক্রমে 5%, 2% ও 1% হলো। P তারের পার্শ্ববিকৃতি 0.02।

ক. স্থিতিস্থাপকতা কাকে বলে? ১

খ. রাবার এর চেয়ে স্টিল বেশি স্থিতিস্থাপক— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P তারের পয়সন অনুপাত নির্ণয় কর। ৩

ঘ. Q ও R তারের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিক যুক্তিসহ তোমার মতামত দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য, আকার বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটানো হলে বল অপসারণ করা মাত্রই বস্তুটি পূর্বাবস্থায় ফিরে আসার ধর্মকে স্থিতিস্থাপকতা বলে।

খ ধরি, L দৈর্ঘ্যের একটি স্টিল ও একটি রাবারের তারে F পরিমাণ বল প্রয়োগ করা হলো। এতে করে স্টিলের তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় l_s ও রাবারের তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় l_R। দুইটি তারেরই প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A হলে স্টিলের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y_s = \frac{FL}{Al_s}$ ও রাবারের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y_R = \frac{FL}{Al_R}$ হবে। এদের ইয়ং এর গুণাঙ্কের অনুপাত, $\frac{Y_s}{Y_R} = \frac{FL/Al_s}{FL/Al_R} = \frac{l_R}{l_s}$ হয়। সমপরিমাণ বল প্রয়োগে স্টিল অপেক্ষা রাবারের প্রসারণ বেশি হওয়ায় $l_R > l_s$ হবে। অর্থাৎ, $\frac{l_R}{l_s} > 1$ হবে।

সুতরাং, স্টিলের ইয়ং এর গুণাঙ্ক বেশি হবে। তাই রাবারের চেয়ে স্টিল বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ আমরা জানি,
পয়সনের অনুপাত,

$$\sigma = \frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$$

$$= \frac{\frac{\Delta D}{D}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

$$= \frac{0.02}{0.05}$$

$$= 0.4 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
ধরি, 'P' তারের
আদি দৈর্ঘ্য L
আদি ব্যাস D
পীড়ন প্রয়োগ করার পর, দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি = ΔL
ব্যাসের হ্রাস = ΔD
$\therefore$ পার্শ্ব বিকৃতি $= \frac{\Delta D}{D} = 0.02$
দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{\Delta L}{L} = 5\% = 0.05$

ঘ Q তারের ক্ষেত্রে পীড়ন, $\frac{F_1}{A_1} = 8 \times 10^{12} Nm^{-2}$

Q তারের বিকৃতি, $\frac{l_1}{L_1} = 2\% = 0.02$

Q তারের ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক, $Y_1 = \frac{F_1/A_1}{l_1/L_1} = \frac{8 \times 10^{12}}{0.02} = 4 \times 10^{14}$

R তারের ক্ষেত্রে পীড়ন, $\frac{F_2}{A_2} = 8 \times 10^{12} Nm^{-2}$

R তারের বিকৃতি, $\frac{l_2}{L_2} = 1\% = 0.01$

R তারের ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক, $Y_2 = \frac{F_2/A_2}{l_2/L_2} = \frac{8 \times 10^{12}}{0.01} = 8 \times 10^{14} Nm^{-2}$

দেখা যায়, $Y_1 < Y_2$

সুতরাং, Q ও R এর মধ্যে R তারটির স্থিতিস্থাপকতা বেশি। অর্থাৎ, R তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ৮ যশোর বোর্ড ২০২৪ ❚ প্রশ্ন নং ৬

3 m লম্বা ও $4 \times 10^{-6} m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো ধাতব তারের একপ্রান্তে 10kg ভার ঝুলালে এটির দৈর্ঘ্য 1% বৃদ্ধি পায়। বিভিন্ন ধাতুর পয়সনের অনুপাত দেখানো হলো।

ধাতু	পয়সনের অনুপাত
লোহা	0.22
অ্যালুমিনিয়াম	0.33
সীসা	0.44

ক. স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক কী? ১
খ. "কোনো তারের স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি 50 J" বলতে কী বুঝায়? ২
গ. তারটির দৈর্ঘ্য 1% বৃদ্ধিতে কৃতকাজ কত? ৩
ঘ. তারটি কোন পদার্থে তৈরি? মতামত দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুবসংখ্যা। এই ধ্রুব সংখ্যাই হলো ঐ বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক।

খ আমরা জানি, বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করে কোন বস্তুকে বিকৃত করতে কিছু কাজ করতে হয় এবং ঐ কাজ বস্তুতে বিভবশক্তিরূপে সঞ্চিত থাকে। একে স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি বলে।

কোনো তারের স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি 50 J বলতে বোঝায়, বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করে তারটি বিকৃত করতে কৃতকাজ 50 J এবং এই 50 J তারের মধ্যে বিভবশক্তি হিসেবে সঞ্চিত আছে। বাহ্যিক বল অপসারিত হলে তারটি যদি তার আগের আকার ফিরে পায়, ঐ 50 J শক্তি গতিশক্তি বা তাপশক্তিতে রূপান্তর হবে।

গ তারটির দৈর্ঘ্য 1% বৃদ্ধিতে কৃতকাজ,

$$W = \frac{1}{2} \times \frac{YAl^2}{L} = \frac{1}{2} \times \frac{YAl}{L} \times l$$
$$= \frac{1}{2} \times Fl \left[\because Y = \frac{FL}{Al}\right]$$
$$= \frac{1}{2} \times mgl = \frac{1}{2} \times 10 \times 9.8 \times 0.03$$
$$= 1.47 J \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
ভর, m = 10 kg
আদি দৈর্ঘ্য, L = 3 m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l = L এর 1%
$= 0.01L$
$= (0.01 \times 3)$ m
$= 0.03$ m

ঘ তারটির আদি ব্যাসার্ধ r_1 হলে,

ক্ষেত্রফল, $A_1 = \pi r_1^2$

বা, $r_1^2 = \frac{A_1}{\pi}$

বা, $r_1 = \sqrt{\frac{A_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 10^{-6}}{\pi}}$

$\therefore r_1 = 1.1284 \times 10^{-3} m$
$= 1.1284 mm$

এখানে,
তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 3m$
তারের আদি ক্ষেত্রফল,
$A_1 = 4 \times 10^{-6} m^2$
'গ' থেকে পাই,
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $l = 0.03m$

1% দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ার পর তারের নতুন দৈর্ঘ্য, $L_2 = L_1 + l$
$= (3 + 0.03)$ m
$= 3.03$ m

যেহেতু তারের আয়তন একই থাকবে,
তাই, আদি আয়তন = শেষ আয়তন
বা, $A_1L_1 = A_2L_2$ [∵ তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ার পরিবর্তিত ক্ষেত্রফল = A_2

বা, $A_2 = \frac{A_1L_1}{L_2} = \frac{4 \times 10^{-6} \times 3}{3.03} = 3.9604 \times 10^{-6} m^2$

তারের নতুন ব্যাসার্ধ, r_2 হলে, $A_2 = \pi r_2^2$

বা, $r_2 = \sqrt{\frac{A_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{3.9604 \times 10^{-6}}{\pi}}$

$\therefore r_2 = 1.122779 \times 10^{-3} m = 1.122779 mm$

∴ ব্যাসার্ধ হ্রাস, $\Delta r = r_1 - r_2 = (1.1284 - 1.122779)$ mm
$= 5.621 \times 10^{-3}$ mm

∴ তারটির পয়সনের অনুপাত σ হলে,

$$\sigma = \frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = \frac{\frac{\Delta r}{r_1}}{\frac{l}{L_1}} = \frac{\Delta r \times L_1}{r_1 \times l} = \frac{5.621 \times 10^{-3} \times 3}{1.1284 \times 0.03} = 0.498$$

যেহেতু তারটির পয়সনের অনুপাতের মান সীসার পয়সনের অনুপাত 0.44 এর সবচেয়ে নিকটবর্তী, তাই বলা যায়, তারটি সীসার তৈরি।

প্রশ্ন ▶ ৯ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ❚ প্রশ্ন নং ৭

একটি তারের আদি দৈর্ঘ্য 826 cm এবং তারের ব্যাস 4 mm, তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y = 2 \times 10^{11} N/m^2$. তারটির দৈর্ঘ্য 2 mm বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় ভর যুক্ত করা হলো।

ক. ইয়ং এর গুণাঙ্ক কাকে বলে? ১
খ. ইস্পাতের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} Nm^{-2}$ বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কী পরিমাণ ভর যুক্ত করা হয়েছিল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করাতে ব্যাস 0.02 mm হ্রাস পাওয়া সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। এই ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের ইয়ং এর গুণাঙ্ক বলে।

খ ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} Nm^{-2}$ বলতে বুঝায়, 1m দৈর্ঘ্য এবং $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ইস্পাতের তৈরি কোনো তারের দৈর্ঘ্য বরাবর 2×10^{11} N বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

গ আমরা জানি,

$$Y = \frac{FL}{Al}$$

বা, $Y = \frac{mgL}{\pi r^2 l}$

বা, $m = \frac{Y \times \pi r^2 \times l}{g L}$

$$= \frac{2 \times 10^{11} \times \pi \times (2 \times 10^{-3})^2 \times 2 \times 10^{-3}}{9.8 \times 8.26}$$
$$= 62.1 \text{ kg (Ans.)}$$

এখানে,
তারের আদি দৈর্ঘ্য,
L = 826 cm = 8.26m
ব্যাস, d = 4 mm
ব্যাসার্ধ, $r = \frac{4}{2} = 2$ mm
$= 2 \times 10^{-3}$m
ইয়ং গুণাঙ্ক,
$Y = 2 \times 10^{11} Nm^{-2}$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 2$ mm
$= 2 \times 10^{-3}$m
ভর, m = ?

ঘ তারটির দৈর্ঘ্য 2mm বৃদ্ধি পেলে

পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য $L_2 = L_1 + l$
$= (8.26m + 2 \times 10^{-3})m$
$= 8.262m$

তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলেও তারের আয়তন একই থাকবে।

তাই, আদি আয়তন = শেষ আয়তন

বা, $A_1L_1 = A_2L_2$

এখানে,
তারের আদি দৈর্ঘ্য,
$L_1 = 826 cm = 8.26m$
আদি ব্যাস, $d_1 = 4$ mm
$= 4 mm = 4 \times 10^{-3}$m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 2$ mm
$= 2 \times 10^{-3}$m
আদি ক্ষেত্রফল = A_1
শেষ ক্ষেত্রফল = A_2

বা, $\frac{1}{4}\pi d_1^2L_1 = \frac{1}{4}\pi d_2^2L_2$

বা, $d_1^2L_1 = d_2^2L_2$

বা, $d_2^2 = \frac{d_1^2L_1}{L_2}$

বা, $d_2 = d_1\sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = 4\times10^{-3}\times\sqrt{\frac{8.26}{8.262}}$

$= 3.999516\times10^{-3}\text{m} = 3.999516\text{ mm}$

∴ তারের ব্যাস হ্রাস পায়, $\Delta d = d_1 - d_2$

$= 4\text{mm} - 3.999516\text{ mm}$

$= 4.84\times10^{-4}\text{mm} \neq 0.02\text{ mm}$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপক অনুসারে তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করতে ব্যাস 0.02 mm হ্রাস পাওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▸ ১০ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৫

A ও B দুটি তার। A তারের দৈর্ঘ্য l_1 ও ব্যাসার্ধ r_1 অন্যদিকে B তারের দৈর্ঘ্য l_2 ও ব্যাসার্ধ r_2। উভয় তারে 7 kg ভর উল্লম্বভাবে নিচে চাপানো হলে A তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় 1 mm। B তারেরও দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়।

ক. দশা কী? ১

খ. কোন সময়ে সরল দোলকের গতি সরলরৈখিক হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A তারে কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. B তারের আয়তন অপরিবর্তিত থাকলে ইহার পয়সনের অনুপাতের মান বের করা সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে রাশি দ্বারা তরঙ্গ সঞ্চারণকারী কণার যেকোনো মুহূর্তের বেগ, সরণ, ত্বরণ ইত্যাদির সম্যক অবস্থা বুঝায় তাই দশা।

খ কোনো সরল দোলকের গতি সরলরৈখিক হবে নিম্নের শর্তের মাধ্যমে:

(i) সরল দোলকের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক হলে।

(ii) সরল দোলকের দিক সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়ে অগ্রসর হলে।

(iii) সরল দোলক 4° বা তার কম কৌণিক বিস্তারে দুলতে থাকলে।

গ আমরা জানি,

কৃতকাজ,

$W = \frac{1}{2}\times F\times l$

$= \frac{1}{2}\times 68.6\times10^{-3}$

$= 0.0343$ J **(Ans.)**

এখানে,

A তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,

$l = 1\text{mm} = 10^{-3}$ m

A তারে ঝুলানো ভর,

$m = 7$ kg

$g = 9.8\text{ ms}^{-2}$

A তারে প্রযুক্ত বল,

$F = mg = 7\times9.8 = 68.6$ N

কৃতকাজ, W = ?

ঘ আমরা জানি,

পয়সনের অনুপাত,

$$\sigma = \frac{-\frac{\Delta D}{D}}{\frac{\Delta l}{L}} = \frac{-\frac{\Delta r_2}{r_2}}{\frac{\Delta l_2}{l_2}}$$

এখানে, B তারের দৈর্ঘ্য = l_2

B তারের ব্যাসার্ধ = r_2

ধরি, B তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি = Δl_2

এবং B তারের পার্শ্ব সংকোচন = Δr_2

এবং আয়তন,

V = ক্ষেত্রফল × দৈর্ঘ্য

বা, $V = \pi r_2^2 l_2$

বা, $dV = \pi\,[r_2^2dl_2 + l_2.\,2r_2dr_2]$ [উভয়পক্ষে অন্তরীকরণ করে]

বা, $0 = \pi\,[r_2^2dl_2 + l_2.\,2r_2dr_2]$ [আয়তন ধ্রুব হওয়ায় dV = 0]

বা, $0 = r_2^2dl_2 + 2r_2l_2dr_2$

বা, $-r_2^2dl_2 = 2r_2l_2dr_2$

বা, $-r_2dl_2 = 2l_2dr_2$

বা, $\frac{-dl_2}{l_2} = 2\frac{dr_2}{r_2}$

বা, $\frac{1}{2} = -\frac{\frac{dr_2}{r_2}}{\frac{dl_2}{l_2}}$ বা, $\frac{1}{2} = -\frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$

বা, $\sigma = \frac{1}{2}$

∴ আয়তনের পরিবর্তন না হলে B তারের পয়সনের অনুপাতের মান বের করা সম্ভব এবং এর মান হবে $\frac{1}{2}$।

প্রশ্ন ▸ ১১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৭

নিম্নের ছকে দু'টি তার A ও B এর বিভিন্ন রাশির মান প্রদান করা হলো:

তার	দৈর্ঘ্য L(m)	ব্যাস D(mm)	প্রযুক্ত বল F(N)	দৈর্ঘ্য প্রসারণ l(mm)	পয়সনের অনুপাত σ
A	1.60	1.0	5.0	14	0.57
B	1.50	1.2	6.0	16	–

ক. পীড়নের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. বায়বীয় পদার্থের আন্তঃআণবিক বল নগণ্য কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বল প্রয়োগে A তারের ব্যাস কত হ্রাস পাবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন তারটি দিয়ে অপেক্ষাকৃত শক্তিশালী স্প্রিং তৈরি করা যাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মন্তব্য করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিকৃতি ঘটা কোনো বস্তুর অভ্যন্তরে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে বিকৃতির বিরুদ্ধে যে প্রত্যয়নী বলের উদ্ভব হয়, তাকে পীড়ন বলে।

খ বায়বীয় পদার্থ বা গ্যাসের বেলাতে অণুগুলোর আকৃতির তুলনায় তাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব খুব বেশি অর্থাৎ $r >> r_0$, ফলে আন্তঃআণবিক বল খুব দুর্বল বা নগণ্য। এ পদার্থের অণুগুলো ইতস্তত বিক্ষিপ্ত গতিতে ছুটতে থাকে। অণুগুলোর কোন নির্দিষ্ট বিন্যাস থাকে না। অণুগুলো পরস্পরের সাথে এবং ধারক পাত্রের দেয়ালের সাথে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ঘটায়। সংঘর্ষের সময় ছাড়া অণুগুলোর মধ্যবর্তী আন্তঃআণবিক বল নগণ্য।

গ ব্যাস হ্রাস ΔD হলে পয়সনের

অনুপাত, $\sigma = -\frac{\frac{\Delta D}{D}}{\frac{l}{L}}$

বা, $\frac{\Delta D}{D} = -\sigma\times\frac{l}{L}$

বা, $\Delta D = -D\times\sigma\times\frac{l}{L}$

$= -1\times0.57\times8.75\times10^{-3}$

$= -4.98\times10^{-3}$ mm **(Ans.)**

এখানে,

A তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতি,

$\frac{l}{L} = \frac{14}{1.6\times10^3} = 8.75\times10^{-3}$

ব্যাস, D = 1 mm

পয়সনের অনুপাত, σ = 0.57

[ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা ব্যাস হ্রাস বুঝানো হয়েছে।]

ঘ A তারের ইয়ং গুণাঙ্ক,

$Y_A = \frac{F_AL_A}{A_Al_A}$

$= \frac{F_AL_A}{\pi r_A^2l_A}$

$= \frac{5\times1.6}{\pi\times(0.5\times10^{-3})^2\times14\times10^{-3}}$

$= 7.276\times10^8\text{ Nm}^{-2}$

এখানে,

A তারের ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য,

$L_A = 1.6$ m

ব্যাসার্ধ, $r_A = \frac{1}{2}\text{mm} = 0.5$ mm

$= 0.5\times10^{-3}$ m

প্রযুক্ত বল, $F_A = 5$ N

দৈর্ঘ্য প্রসারণ, $l_A = 14$ mm

$= 14\times10^{-3}$ m

B তারের ইয়ং গুণাঙ্ক,

$$Y_B = \frac{F_B L_B}{A_B l_B}$$

$$= \frac{F_B L_B}{\pi {r_B}^2 l_B}$$

$$= \frac{6 \times 1.5}{\pi \times (0.6 \times 10^{-3})^2 \times 16 \times 10^{-3}}$$

$$= 4.974 \times 10^8 \text{ Nm}^{-2}$$

এখানে,
B তারের ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য,
$L_B = 1.5$ m
ব্যাসার্ধ, $r_B = \frac{1.2}{2}$ mm $= 0.6$ mm
$= 0.6 \times 10^{-3}$ m
প্রযুক্ত বল, $F_B = 6$ N
দৈর্ঘ্য প্রসারণ, $l_B = 16$ mm
$= 16 \times 10^{-3}$ m

দেখা যাচ্ছে, $Y_A > Y_B$। অর্থাৎ, A তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক। তাই A তারটি দিয়ে অপেক্ষাকৃত শক্তিশালী স্প্রিং তৈরি করা যাবে।

প্রশ্ন ▸ ১২ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৫

নিচের ছকে দুটি তার A ও B এর বিভিন্ন রাশির মান প্রদান করা হলো:

তার	দৈর্ঘ্য L (m)	ব্যাস D (mm)	প্রযুক্ত বল F (N)	দৈর্ঘ্য প্রসারণ l (mm)	পয়সনের অনুপাত σ
A	1.60	1.0	5.0	14	0.57
B	1.50	1.2	6.0	16	–

ক. স্থিতিস্থাপক সীমার সংজ্ঞা দাও। ১
খ. একটি স্টিল তারের ওপর প্রযুক্ত বল এবং ব্যাসার্ধ যদি দ্বিগুণ করা হয় তবে ইয়ং এর গুণাঙ্কের কি পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বল প্রয়োগে A তারের ব্যাস কত হ্রাস পাবে? নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কোন তারটি দিয়ে অপেক্ষাকৃত শক্তিশালী স্প্রিং তৈরি করা যাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মন্তব্য করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে অপসারণ করলে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়, বলের সেই মানকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

খ একটি স্টিল তারের উপর প্রযুক্ত বল এবং তারের ব্যাসার্ধ যদি দ্বিগুণ করা হয়, তবে এর ইয়ং এর গুণাঙ্কের কোনো পরিবর্তন হবে না। কারণ ইয়ং এর গুণাঙ্ক বস্তুর উপাদানের বৈশিষ্ট্য। এটি প্রযুক্ত বল, ব্যাসার্ধ ও আদি দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে না। প্রযুক্ত বল এবং ব্যাসার্ধ দ্বিগুণ করলে দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতি এমনভাবে ঘটবে যাতে পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত সর্বদা স্টিলের ইয়ং এর গুণাঙ্কের সমান হয়। তাই উপাদান স্টিল একই থাকায় স্টিল তারের ওপর প্রযুক্ত বল ও ব্যাসার্ধ পরিবর্তন করলেও ইয়ং এর গুণাঙ্কের কোনো পরিবর্তন হবে না।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ১৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৫

নিম্নের ছকে দুটি তার A ও B এর বিভিন্ন রাশির মান প্রদান করা হলো:

তার	দৈর্ঘ্য L(m)	ব্যাস D(mm)	প্রযুক্ত বল F(N)	দৈর্ঘ্য প্রসারণ l(mm)	পয়সনের অনুপাত σ
A	1.60	1.0	5.0	14	0.57
B	1.50	1.2	6.0	16	–

ক. অসহ পীড়ন কী? ১
খ. একই উপাদানের তৈরি একটি সরু ও একটি মোটা তারের ইয়ং এর গুণাংক সমান হবে কিনা— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বল প্রয়োগে A তারের ব্যাস কত হ্রাস পাবে নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কোন তার দিয়ে অপেক্ষাকৃত শক্তিশালী স্প্রিং তৈরী করা যাবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মন্তব্য করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভার বা অসহ ওজনই অসহ পীড়ন।

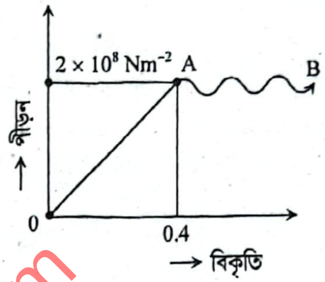
খ একই উপাদানের তৈরি একটি সরু ও মোটা তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে। ইয়ং এর গুণাঙ্ক দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত। যদি তার দুইটি একই উপাদানের তৈরি হয় তবে তাদের পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত একই হবে। অর্থাৎ, মোটা তারের ক্ষেত্রফল বেশি হলেও পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত চিকন তারের সমান হবে। তাই ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ১৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৫

একটি স্থিতিস্থাপক বস্তুর পীড়ন বনাম বিকৃতি এর লেখচিত্র নিচে দেখানো হলো।



ক. অসহ পীড়ন কাকে বলে? ১
খ. পদার্থের মধ্যে স্থিতিস্থাপকতা ধর্ম সৃষ্টির কারণ কী? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বস্তুটির স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. লেখচিত্রের যে কোনো বিন্দুর ঢাল থেকে ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব নয়— যৌক্তিক ব্যাখ্যা উপস্থাপন করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভারকে বা অসহ ওজনকে অসহ পীড়ন বলে।

খ বল প্রয়োগে যদি কোনো বস্তুর আকার বা আয়তন বা উভয়ের পরিবর্তন ঘটে অর্থাৎ বস্তু বিকৃত হয়, তাহলে প্রযুক্ত বল সরিয়ে নিলে যে ধর্মের জন্য বিকৃত বস্তু আগের আকার ও আয়তন ফিরে পায় তাকে স্থিতিস্থাপকতা বলে। সকল অণুর মধ্যে আন্ত:আণবিক বল ক্রিয়া করে। আণবিক দূরত্ব যত বেশি হয়, আন্তঃআণবিক বল তত বেশি আকর্ষণধর্মী হয়। কোনো বস্তুতে দৈর্ঘ্য বা টান পীড়ন প্রয়োগ করলে অণুগুলোর মধ্যবর্তী আন্তঃআণবিক দূরত্ব বৃদ্ধি পায়, ফলে, অণুগুলো আকর্ষণ বল অনুভব করে। বহিঃস্থ বল সরিয়ে নিলে আকর্ষণ বলের প্রভাবে সাম্যাবস্থায় ফিরে আসে। এ কারণে পদার্থের মধ্যে স্থিতিস্থাপকতা ধর্ম সৃষ্টি হয়।

গ আমরা জানি,

$$\text{স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক} = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$$

$$= \frac{2 \times 10^8}{0.4}$$

$$= 5 \times 10^8 \text{ Nm}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
লেখচিত্র থেকে পাই,
পীড়ন $= 2 \times 10^8$ Nm^{-2}
বিকৃতি $= 0.4$
স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক = ?

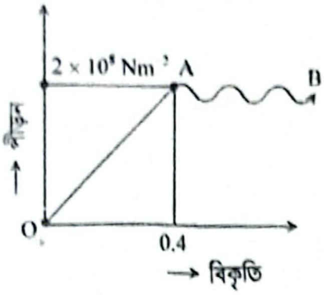
ঘ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পীড়ন ও বিকৃতি পরস্পরের সমানুপাতিক। -এটি হুকের সূত্র

অর্থাৎ, পীড়ন ∝ বিকৃতি।

$$\text{বা, } \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \text{ধ্রুবক}$$

এখন বলের দরুন যদি শুধুমাত্র দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হয় তখন উক্ত ধ্রুবককে ইয়ং এর গুণাঙ্ক বলা হয়।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{\text{দৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = \text{ইয়ং এর গুণাঙ্ক (Y)}$$

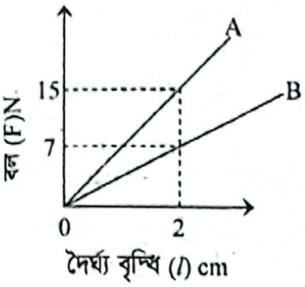


আমরা জানি, ইয়ং এর গুণাঙ্কের মান পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। পীড়ন-বিকৃতি গ্রাফের ঢাল ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্দেশ করে। এখানে চিত্রের OA অংশের যে কোনো বিন্দুর ঢাল থেকে ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব এবং এর মান 5×10^8 Nm^{-2} ['গ' হতে]।

কিন্তু বিকৃতি যখন A বিন্দু অতিক্রম করে তখন এটি স্থিতিস্থাপক সীমাকে অতিক্রম করে। ফলে এক্ষেত্রে পীড়ন বিকৃতির সমানুপাতিক হয় না। অর্থাৎ AB অংশের যে কোনো বিন্দুতে ঢাল নির্ণয় করে ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্ণয় করা যাবে না।

সুতরাং, স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে অর্থাৎ, OA অংশের যেকোনো বিন্দুর ঢাল থেকে ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব হলেও স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম করায় AB অংশের কোনো বিন্দুর ঢাল থেকে ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ১৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৬



চিত্রে 1.5 m আদি দৈর্ঘ্যের A ও B দুইটি একই উপাদানের তার। প্রযুক্ত বলের সাথে তার দুইটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির লেখচিত্র উপরে প্রদর্শিত হয়েছে। $Y_A = 2 \times 10^{11}$ N/m^2।

ক. হুকের সূত্রটি লেখো। ১

খ. একটি ইস্পাতের তারকে বারবার বাঁকালে উত্তপ্ত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A তারের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 10 cm দৈর্ঘ্য প্রসারণে উভয় তারে কৃতকাজ সমান হবে কিনা তা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক হুকের সূত্রটি হলো- স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

খ একটি ইস্পাতের তারকে বারবার বাঁকালে এর ভিতরের অণুগুলো ছুটাছুটি করতে থাকবে। ফলে অণুসমূহের মধ্যকার গতিশক্তি বৃদ্ধি পাবে। আমরা জানি, অণুসমূহের গতিশক্তি তাপমাত্রার সাথে সমানুপাতিক হারে বৃদ্ধি পায়। অতএব গতিশক্তি বৃদ্ধির দরুন ইস্পাতের তারে তাপের উদ্ভব হবে এতে করে তারটির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে। অর্থাৎ, উত্তপ্ত হবে।

গ আমরা জানি, ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক,

$$Y_A = \frac{FL}{Al} = \frac{FL}{\pi r^2 l}$$

বা, $r^2 = \frac{FL}{Y_A \pi l}$

বা, $r = \sqrt{\frac{FL}{Y_A \pi l}}$

$= \sqrt{\frac{15 \times 1.5}{2 \times 10^{11} \times 3.14 \times 0.02}}$

$= 4.23 \times 10^{-5}$ m (Ans.)

এখানে,
A তারের আদি দৈর্ঘ্য,
L = 1.5 m
লেখচিত্র থেকে পাই,
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l = 2 cm
= 0.02 m
প্রযুক্ত বল, F = 15 N
ইয়ং এর গুণাঙ্ক,
$Y_A = 2 \times 10^{11}$ N/m^2
A তারের ব্যাসার্ধ, r = ?

ঘ উদ্দীপকে প্রদর্শিত লেখচিত্রটি স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বল প্রয়োগে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি নির্দেশ করায়, বল বৃদ্ধির সাথে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি সমহারে ঘটবে।

এখন, A তারের ক্ষেত্রে,

2 cm দৈর্ঘ্য বৃদ্ধিতে প্রযুক্ত বল = 15 N

∴ 10 cm দৈর্ঘ্য বৃদ্ধিতে প্রযুক্ত বল, $F_A = \frac{15 \times 10}{2}$ N = 75 N

B তারের ক্ষেত্রে,

2 cm দৈর্ঘ্য বৃদ্ধিতে প্রযুক্ত বল = 7 N

∴ 10 cm দৈর্ঘ্য বৃদ্ধিতে প্রযুক্ত বল, $F_B = \frac{7 \times 10}{2}$ N = 35 N

এখন, দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l = 10 cm = 0.1 m

∴ তার 'A' প্রসারণে কৃতকাজ, $W_A = \frac{1}{2} F_A l = \frac{1}{2} \times 75 \times 0.1 = 3.75$ J

তার 'B' প্রসারণে কৃতকাজ, $W_B = \frac{1}{2} F_B l = \frac{1}{2} \times 35 \times 0.1 = 1.75$ J

এখানে, $W_A \neq W_B$। অর্থাৎ, 10 cm দৈর্ঘ্য প্রসারণে উভয় তারে কৃতকাজ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৬ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৫

গবেষণাগারে ব্যবহারের জন্য বিশেষভাবে নির্মিত দুটি তার P ও Q নেয়া হল। পরীক্ষায় প্রাপ্ত বিভিন্ন রাশির মান নিম্নরূপ:

তার	দৈর্ঘ্য, L (m)	ব্যাসার্ধ, r (cm)	ঝুলানো ভার, M (kg)	দৈর্ঘ্য প্রসারণ, l (mm)	ব্যাস হ্রাস, d (mm)
P	2.80	0.50	0.50	3.2	0.005
Q	2.75	0.60	0.75	3	0.009

ক. সরল ছন্দিত গতি কাকে বলে? ১

খ. আকাশ মেঘলা থাকলে শিশির পড়ে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 'P' তারের পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক, গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তুর গতি যদি সরলরৈখিক হয়, এর ত্বরণ সাম্যাবস্থা থেকে সরণ এর সমানুপাতিক হয় এবং এর দিক যদি সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয় তবে ওই বস্তুকণার গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

খ দিনের বেলায় সূর্যের তাপে ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বাতাস গরম থাকে এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে। মেঘহীন রাত্রিতে ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে থাকে এবং পরিশেষে এমন একটি তাপমাত্রায় উপনীত হয় যখন বাতাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির জমে। কিন্তু আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকলে ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে পারে না। কারণ মেঘ তাপরোধী পদার্থ বলে ভূ-পৃষ্ঠ হতে বিকিরণজনিত কারণে তাপ পরিবাহিত হতে পারে না। ফলে ভূ-পৃষ্ঠ ঠান্ডা হয় না এবং শিশির পড়ে না।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.437।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $Y_Q > Y_P$; অতএব, Q তারের ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক বেশি। অর্থাৎ, Q তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ১৭ যশোর বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৫

2 m দৈর্ঘ্যের দুটি তারের ব্যাস যথাক্রমে 2 mm ও 3 mm। তার দুটির প্রত্যেকটিতে 7×10^3 N বল প্রয়োগ করা হলে এদের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 5% ও 2% বৃদ্ধি পেল।

ক. স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক কী? ১

খ. পারদের আয়তন গুণাঙ্ক 2×10^{10} Nm^{-2} বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম তারটির একক আয়তনে সঞ্চিত স্থিতিস্থাপক শক্তি বের করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন তারটির স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত প্রদান করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুবসংখ্যা। এই ধ্রুব সংখ্যাই ঐ বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক।

খ পারদের আয়তন গুণাঙ্ক $2 \times 10^{10}\,\text{Nm}^{-2}$ বলতে বুঝায়, বাহ্যিক বল প্রয়োগে কিছু পরিমাণ পারদের আয়তন পরিবর্তন করা হলে উক্ত আয়তন পীড়ন এবং আয়তন বিকৃতির অনুপাত হবে $2 \times 10^{10}\,\text{Nm}^{-2}$।

অর্থাৎ, পারদের একক আয়তন বিকৃতি ঘটাতে $1\,\text{m}^2$ ক্ষেত্রফলের উপর 2×10^{10} N বল প্রয়োগ করতে হবে।

গ প্রথম তারের একক আয়তনে সঞ্চিত স্থিতিস্থাপক শক্তি U হলে,

$$U = \frac{1}{2} \times \text{পীড়ন} \times \text{বিকৃতি}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{l}{L}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{7 \times 10^3}{3.1416 \times 10^{-6}} \times \frac{\frac{L}{20}}{L}$$

$$= 5.57 \times 10^7\,\text{Jm}^{-3}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে, প্রথম তারের ক্ষেত্রে,
ব্যাস, $d = 2\,\text{mm} = 2 \times 10^{-3}\,\text{m}$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \frac{1}{4}\pi d^2$
$= \frac{1}{4}\pi (2 \times 10^{-3})^2$
$= 3.1416 \times 10^{-6}\,\text{m}^2$
প্রযুক্ত বল, $F = 7 \times 10^3$ N
তারের আদি দৈর্ঘ্য $= L$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,
$l = L$ এর $5\% = \frac{5L}{100} = \frac{L}{20}$

ঘ এখানে, উভয় তারের উপর প্রযুক্ত বল F ও আদি দৈর্ঘ্য L একই।

আমরা পাই,

১ম তারের জন্য, $Y_1 = \frac{FL}{A_1 l_1}$.......(i)

২য় তারের জন্য, $Y_2 = \frac{FL}{A_2 l_2}$......(ii)

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{A_1 l_1}{A_2 l_2} = \frac{\pi r_1^2 l_1}{\pi r_2^2 l_2}$$

$$= \frac{\pi \times (10^{-3})^2 \times 0.1}{\pi \times (1.5 \times 10^{-3})^2 \times 0.04}$$

$$= 1.11$$

$$\therefore \frac{Y_2}{Y_1} = 1.11$$

এখানে,
তারদ্বয়ের দৈর্ঘ্য, $L = 2$ m
১ম তারের ব্যাসার্ধ,
$r_1 = \frac{2}{2}\,\text{mm} = 10^{-3}$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি; $l_1 = L$ এর 5%
$= 2 \times \frac{5}{100} = 0.1$ m
২য় তারের ব্যাসার্ধ,
$r_2 = \frac{3}{2}\,\text{mm} = 1.5 \times 10^{-3}$ m
২য় তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,
$l_2 = L$ এর $2\% = 2 \times \frac{2}{100}$
$= 0.04$ m

যেহেতু $Y_2 > Y_1$ অর্থাৎ, ২য় তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক ১ম তারের ইয়ং এর গুণাঙ্কের চেয়ে বেশি। সেহেতু ২য় তার এর স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ১৮ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৬

সমান দৈর্ঘ্যের তিনটি তার A, B এবং C তে একই মানের পীড়ন 5×10^{12} Nm^{-2} প্রয়োগের ফলে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি যথাক্রমে 5%, 2% এবং 1% হলো।

ক. আন্তঃআণবিক বল কাকে বলে? ১
খ. পীড়ন স্কেলার রাশি না ভেক্টর রাশি? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. 'B' তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতি কত? নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থের অণুগুলো নির্দিষ্ট দূরত্বে থেকে একে অপরকে যে বলে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করে, তাকে আন্তঃআণবিক বল বলে।

খ পীড়ন একটি স্কেলার রাশি। এর কোনো দিক নেই। কোনো বস্তুর প্রস্থচ্ছেদ বা তলের প্রতি একক ক্ষেত্রফলের ওপর লম্বভাবে ও বিপরীত দিকে উদ্ভূত বলকে পীড়ন বলে। পীড়ন $= \frac{F}{A}$। কোন বস্তুর উপর বাহ্যিক বল প্রয়োগে বস্তুর প্রতি অংশে $\frac{F}{A}$ পরিমাণ পীড়ন অনুভূত হয় যা দিকের উপর নির্ভরশীল নয়। তাই পীড়ন স্কেলার রাশি।

গ

আমরা জানি, বিকৃতি $= \frac{\text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি}}{\text{আদি দৈর্ঘ্য}}$

$= \frac{l}{L} = \frac{0.02L}{L} = 0.02$ **(Ans.)**

এখানে, B তারের ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 2% অর্থাৎ আদি দৈর্ঘ্য L হলে,
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = L$ এর 2%
$= 0.02L$

ঘ

'গ' হতে পাই, B তারের বিকৃতি = 0.02। অনুরূপভাবে A ও C তারের বিকৃতি 0.05 এবং 0.01

এখন, আমরা জানি, ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক,

$$Y = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$$

$\therefore$ A তারের জন্য, $Y_1 = \frac{5 \times 10^{12}}{0.05}$
$= 1 \times 10^{14}\,\text{Nm}^{-2}$

$\therefore$ B তারের জন্য, $Y_2 = \frac{5 \times 10^{12}}{0.02}$
$= 2.5 \times 10^{14}\,\text{Nm}^{-2}$

এখানে,
A তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 5% অর্থাৎ, $l_1 = 0.05$ L
B তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 2%
অর্থাৎ, $l_2 = 0.02$ L
C তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 1%
অর্থাৎ, $l_3 = 0.01$L
প্রতিটি তারের পীড়ন,
$F = 5 \times 10^{12}\,\text{Nm}^{-2}$

$\therefore$ C তারের জন্য, $Y_3 = \frac{5 \times 10^{12}}{0.01} = 5 \times 10^{14}\,\text{Nm}^{-2}$

যেহেতু $Y_3 > Y_2 > Y_1$, অতএব উদ্দীপকের C তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ১৯ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

A ও B দুইটি ধাতব তার। তাদের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 2 m ও 2.05 m এবং তাদের ব্যাস যথাক্রমে 2 mm ও 5 mm। তার দুইটিতে সমান ভরের বস্তু ঝুলালে A তারের প্রসারণ B তারের প্রসারণ অপেক্ষা দ্বিগুণ হয়। A তারের পয়সনের অনুপাত 0.4।

ক. স্থিতিস্থাপক সীমা বলতে কী বোঝো? ১
খ. অসহ পীড়ন $4.5 \times 10^7\,\text{Nm}^{-2}$ বলতে কী বোঝো? ২
গ. A তারের দৈর্ঘ্য 25% বৃদ্ধি করলে ক্ষেত্রফল কতটুকু হ্রাস পাবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন তারটির স্থিতিস্থাপকতা বেশি– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে অপসারণ করলে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়, বলের সেই মানকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

খ অসহ পীড়ন $4.5 \times 10^7\,\text{Nm}^{-2}$ বলতে বুঝায়, সংশ্লিষ্ট বস্তুর প্রস্থচ্ছেদের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ($1\,\text{m}^2$) লম্বভাবে ন্যূনতম 4.5×10^7 N মানের বল প্রয়োগে বস্তুটি স্থায়ীভাবে ভেঙ্গে যাওয়ার বা উপক্রম হয়।

গ ব্যাস হ্রাস ΔD হলে পয়সনের

অনুপাত, $\sigma = -\frac{\frac{\Delta D}{D}}{\frac{\Delta L}{L}}$

বা, $\frac{\Delta D}{D} = -\sigma \times \frac{\Delta L}{L}$

এখানে,
A তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতি, $\frac{\Delta L}{L} = 25\%$
$= 0.25$
ব্যাস, $D = 2$ mm
পয়সনের অনুপাত, $\sigma = 0.4$
ব্যাসার্ধ হ্রাস, $\Delta r = ?$
ক্ষেত্রফল হ্রাস, $A = ?$

বা, $\Delta D = -D \times \sigma \times \frac{\Delta L}{L} = -2 \times 0.4 \times 0.25 = -0.2$ mm

ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা ব্যাস হ্রাস বুঝানো হয়েছে।

সুতরাং, ব্যাসার্ধ হ্রাস, $\Delta r = \frac{0.2}{2} = 0.1$ mm

আবার, ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2$
$\therefore$ পরিবর্তিত ব্যাসার্ধ, $r' = r - 0.1 = 1 - 0.1 = 0.9$ mm
$\therefore$ পরিবর্তিত ক্ষেত্রফল, $A' = \pi r'^2$

এখানে, ক্ষেত্রফল হ্রাস পায়

$$= \left|\frac{A - A'}{A}\right| \times 100\% = \left|\frac{\pi r^2 - \pi r'^2}{\pi r^2}\right| \times 100\%$$

$$= \left|\frac{(3.1416 \times 1^2) - \{3.1416 \times (0.9)^2\}}{3.1416 \times 1^2}\right| \times 100\%$$

$$= 0.19 \times 100\% = 19\%$$

∴ A তারের দৈর্ঘ্য 25% বৃদ্ধি করলে এর ক্ষেত্রফল 19% হ্রাস পাবে। **(Ans.)**

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $Y_A = 3.049 \times Y_B$; সুতরাং A তারের স্থিতিস্থাপকতা B তারের স্থিতিস্থাপকতা অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ২০ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৬

অজহর 0.3 m লম্বা এবং 10^{-6} m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট তারের এক প্রান্তে 10 kg ভরের একটি বস্তুকে বেঁধে বৃত্তাকার পথে ঘুরাচ্ছে। তারটির উপাদানের অসহ পীড়ন 4.8×10^7 Nm^{-2}। *◀ অধ্যায় ৪ ও ৭ এর সমন্বয়ে*

ক. স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কী? ১

খ. সংনম্যতা আয়তন স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের বিপরীত রাশি–ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তারটির অসহ বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তারটি সর্বনিম্ন কত বেগে ঘুরালে ছিঁড়ে যাবে? ব্যাখ্যা করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুতে বা তারে অনেকক্ষণ যাবত পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধি করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্মের অবনতি ঘটে তখন অসহ ভার অপেক্ষা কম ভারে তারটি বা বস্তুটি ছিঁড়ে যেতে পারে। বস্তু বা তারের এ অবস্থা হলো স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি।

খ কোনো বস্তুর উপর চারদিক থেকে সমান চাপ প্রয়োগ করলে বস্তুর আয়তন কমে যায়। বস্তুর এ ধর্মকে সংনম্যতা বলে। আবার, আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নের অনুপাতকে সংনম্যতা বলে। সুতরাং,

$$\text{সংনম্যতা} = \frac{\text{আয়তন বিকৃতি}}{\text{আয়তন পীড়ন}} = \frac{1}{\dfrac{\text{আয়তন পীড়ন}}{\text{আয়তন বিকৃতি}}}$$

$$= \frac{1}{\text{আয়তন স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক}} \text{ বা, } C = \frac{1}{B}\text{।}$$

অর্থাৎ, সংনম্যতা আয়তন স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের বিপরীত রাশি। বস্তুর আয়তন স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক যত বেশি হয়, সংনম্যতা তত কমে যায়।

গ আমরা জানি,

$$\text{অসহ পীড়ন} = \frac{\text{অসহ বল}}{\text{প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল}}$$

$$\therefore \text{ অসহ বল} = \text{অসহ পীড়ন} \times \text{প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল}$$

বা, $F = 4.8 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2} \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$= 48$ N **(Ans.)**

এখানে,
অসহ পীড়ন, $= 4.8 \times 10^7$ Nm^{-2}
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 10^{-6}$ m^2
অসহ বল, $F = ?$

ঘ দেওয়া আছে,

বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তুর ভর, $m = 10$ kg

বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r =$ তারের দৈর্ঘ্য $= 0.3$ m

মনে করি, বস্তুটিকে সর্বনিম্ন ω কৌণিক বেগে ঘুরালে তারটি ছিঁড়ে যাবে। এ সময় কেন্দ্রবিমুখী বল অসহ বলের সমান হবে।

$\therefore F_C = F$

বা, $m\omega^2 r = 48$ ....(i)

m এবং r এর মান (i) নং এ বসিয়ে পাই,

$10 \times \omega^2 \times 0.3 = 48$

$\therefore \omega^2 = \dfrac{48}{10 \times 0.3} = 16$

$\therefore \omega = \sqrt{16} = 4$ rads^{-1}

অর্থাৎ বস্তুটিকে সর্বনিম্ন 4 rads^{-1} বেগে ঘুরালে তারটি ছিঁড়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ২১ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৬

সুমন 2 বর্গমিলিমিটার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং 9 m দীর্ঘ একটি তার নিয়ে নিচের প্রান্তে 12 kg ভর ঝুলিয়ে দিলো। এতে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ঘটলো আদি দৈর্ঘ্যের 0.001%। ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক 20×10^{10} Nm^{-2}।

ক. অসহ পীড়ন কী? ১

খ. দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিলে দোলনকালের কী পরিবর্তন ঘটবে? ২

গ. উদ্দীপকে তারের উপর প্রযুক্ত পীড়ন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে সুমনের ব্যবহৃত তারটি ইস্পাত ছিল কিনা যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভার বা অসহ ওজনই অসহ পীড়ন।

খ আমরা জানি, কোনো সরল দোলকের দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$

এখানে, দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। সুতরাং, দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত অবস্থায় g এর মান কমলে T বাড়বে এবং g বাড়লে T কমবে। পৃথিবীর কেন্দ্রে $g = 0$।
যদি $g = 0$ হয়, তাহলে $T = \infty$ হবে।
অতএব দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিলে দোলনকাল অসীম হবে।

গ আমরা জানি,

$$\text{পীড়ন} = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{12 \times 9.8}{2 \times 10^{-6}} = 5.88 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 2$ mm^2
$= 2 \times 10^{-6}$ m^2
ঝুলানো ভর, $m = 12$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
তারে প্রযুক্ত পীড়ন, $P = ?$

ঘ আমরা জানি,

$$Y = \frac{mgL}{Al} = \frac{12 \times 9.8 \times 9}{2 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{-5}} = 5.88 \times 10^{12} \text{Nm}^{-2}$$

যেহেতু, $Y \neq Y_s$, সুতরাং, সুমনের ব্যবহৃত তারটি ইস্পাত ছিল না।

এখানে,
তারের দৈর্ঘ্য, $L = 9$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 9 \times \dfrac{0.001}{100} = 9 \times \dfrac{0.001}{100}$
$= 9 \times 10^{-5}$ m
ঝুলানো ভর, $m = 12$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
ক্ষেত্রফল, $A = 2$ mm$^2 = 2 \times 10^{-6}$ m^2
ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y_s = 20 \times 10^{10}$ Nm^{-2}
তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y = ?$

প্রশ্ন ▶ ২২ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৪

একটি অ্যালুমিনিয়ামের তারের দৈর্ঘ্য 2 m, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 1 mm^2 এবং অপর একটি কার্বন মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়ামের তারের দৈর্ঘ্য 2.25 m, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 0.90 mm^2। তার দুটির প্রত্যেকটিতে 20 N বল প্রয়োগ করলে যথাক্রমে 0.2 mm ও 0.19 mm দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়।

ক. স্থিতিস্থাপক সীমা কাকে বলে? ১

খ. পয়সনের অনুপাত ঋণাত্মক হওয়া সম্ভব কি-না—ব্যাখ্যা করো। ২

গ. অ্যালুমিনিয়ামের তারের প্রতি একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. অ্যালুমিনিয়ামের সাথে কার্বন মেশানোর ফলে স্থিতিস্থাপকতার কীরূপ পরিবর্তন ঘটে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে অপসারণ করলে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়, বলের সেই মানকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

খ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব রাশি। এই ধ্রুব রাশিকে বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত বলে। পয়সনের অনুপাত, $\sigma = -\dfrac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = -\dfrac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta L}{L}} = -\dfrac{L\Delta r}{r\Delta L}$

এখন আমরা জানি, যেকোনো বল প্রয়োগে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করলে ব্যাস হ্রাস পায় এবং ব্যাস বৃদ্ধি করলে দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়। অর্থাৎ, ΔL ধনাত্মক হলে Δr ঋণাত্মক হয়। আবার ΔL ঋণাত্মক হলে Δr ধনাত্মক হয়। অর্থাৎ, বাস্তব ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাক বা ব্যাস বৃদ্ধি পাক পয়সনের অনুপাত সব সময় ধনাত্মক হয়।

অর্থাৎ, σ এর মান ঋণাত্মক হওয়া সম্ভব না। তাই σ এর বাস্তব মানের সীমা $0 < \sigma < \frac{1}{2}$।

গ প্রযুক্ত বল, $F = 20\ N$

আবার, অ্যালুমিনিয়াম তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,

$A = 1\ mm^2 = 10^{-6}\ m^2$

$\therefore$ সৃষ্ট পীড়ন $= \frac{F}{A} = \frac{20}{10^{-6}} = 20 \times 10^6\ Nm^{-2}$

অ্যালুমিনিয়াম তারের দৈর্ঘ্য, $L = 2\ m$

অ্যালুমিনিয়াম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 0.2\ mm = 2 \times 10^{-4}\ m$

আবার, তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{l}{L} = \frac{2 \times 10^{-4}}{2} = 10^{-4}$

$\therefore$ অ্যালুমিনিয়ামের তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি

$= \frac{1}{2} \times$ পীড়ন $\times$ বিকৃতি $= \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{l}{L}$

$= \frac{1}{2} \times 20 \times 10^6 \times 10^{-4}$

$= 1000\ Jm^{-3}$ **(Ans.)**

ঘ অ্যালুমিনিয়াম তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক Y_1 হলে,

$Y_1 = \frac{FL_1}{A_1 l_1}$

$= \frac{20 \times 2}{1 \times 10^{-6} \times 0.2 \times 10^{-3}}$

$= 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$

এখানে,
প্রযুক্ত বল, $F = 20\ N$
অ্যালুমিনিয়াম তারের ক্ষেত্রে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_1 = 2\ m$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,
$A_1 = 1\ mm^2$
$= 10^{-6}\ m^2$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = 0.2\ mm$
$= 0.2 \times 10^{-3}\ m$

কার্বন মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়াম তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক Y_2 হলে,

$Y_2 = \frac{FL_2}{A_2 l_2}$

$= \frac{20 \times 2.25}{0.9 \times 10^{-6} \times 0.19 \times 10^{-3}}$

$= 2.63 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$

এখানে,
প্রযুক্ত বল, $F = 20\ N$
কার্বন মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়াম তারের ক্ষেত্রে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_2 = 2.25\ m$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,
$A_2 = 0.90\ mm^2$
$= 0.9 \times 10^{-6}\ m^2$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_2 = 0.19\ mm$
$= 0.19 \times 10^{-3}\ m$

দেখা যাচ্ছে, $Y_2 > Y_1$ এবং $\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{2.63 \times 10^{11}}{2 \times 10^{11}} = 1.32$

$\therefore Y_2 = 1.32 Y_1$

সুতরাং বলা যায়, অ্যালুমিনিয়ামের সাথে কার্বন মেশানোর ফলে স্থিতিস্থাপকতা বৃদ্ধি পেয়ে পূর্বের 1.32 গুণ হয়।

প্রশ্ন ▸ ২৩ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৫

একটি ধাতব তারে 10 kg ভর ঝুলানোর ফলে এর দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ ও ব্যাস তিন-চতুর্থাংশ হয়। তারের ব্যাস 4.22×10^{-2} mm.

ধাতু	ইয়ং এর গুণাঙ্ক (Y)
Al	$7 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$
Fe	$11.5 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$
Cu	$13 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$

ক. স্থিতিস্থাপকতা কী? ১
খ. তাপমাত্রা বাড়ালে স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের মান কমে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উক্ত ধাতব তারের পয়সনের অনুপাত কত? ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে ধাতব তারটি কী দিয়ে তৈরি? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক তোমার মতামত দাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য, আকার বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটানোর পরে বল অপসারণ করা মাত্রই বস্তুটির পূর্বাবস্থায় ফিরে আসার ধর্ম হলো স্থিতিস্থাপকতা।

খ কঠিন পদার্থের অণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণ বলের দরুন স্থিতিস্থাপকতার উদ্ভব হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অণুগুলোর মধ্যকার দূরত্ব অনেক বেড়ে যায়। দূরত্ব অনেকখানি বেড়ে গেলে এদের মধ্যকার আকর্ষণ বল অনেক কমে যায়। অর্থাৎ, তাপমাত্রা বেড়ে গেলে অণুগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ-বিকর্ষণ সাম্যাবস্থা বিঘ্নিত হয়। তদুপরি, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে অণুগুলোর মধ্যকার গড় দূরত্ব বেড়ে যাওয়ায় এদের মধ্যকার আকর্ষণ বল স্বভাবতই কমে যায়। সর্বদিক বিবেচনায় উহা স্পষ্টত যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে কঠিন পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা কমে যায়। ফলে তুলনামূলক কম মানের বল প্রয়োগেই বস্তুর বিকৃতি বেশি ঘটে। এমনকি অসহ ভারের তুলনায় অনেক কম বল প্রয়োগেই বস্তুটি ভেঙে যেতে পারে।

গ তারের আদি দৈর্ঘ্য L হলে, দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta L = 2L - L = L$

তারের আদি ব্যাস D হলে,

ব্যাসের পরিবর্তন, $\Delta D = \frac{3}{4}D - D = \left(\frac{3}{4} - 1\right)D = -\frac{1}{4}D$

আমরা জানি, পয়সনের অনুপাত, $\sigma = -\frac{L}{D}\frac{\Delta D}{\Delta L} = -\frac{L}{D}\left(\frac{-\frac{1}{4}D}{L}\right) = \frac{1}{4}$

$\therefore \sigma = 0.25$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

ইয়ং এর গুণাঙ্ক,

$Y = \frac{mgL}{\pi r^2 l}$

$= \frac{10 \times 9.8 \times L}{3.1416 \times (2.11 \times 10^{-5})^2 \times L}$

$= \frac{98}{1.398 \times 10^{-9}}$

$= 7 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$

এখানে,
ঝুলানো ভর, $m = 10\ kg$
তারের আদি দৈর্ঘ্য $= L$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 2L - L = L$
তারের ব্যাসার্ধ,
$r = \frac{D}{2} = \frac{4.22 \times 10^{-2}}{2}\ mm$
$= 2.11 \times 10^{-5}\ m$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

তারের ইয়ং এর গুণাঙ্কের মান প্রদত্ত উপাদানগুলোর মধ্যে অ্যালুমিনিয়ামের (Al) ইয়ং এর গুণাঙ্কের সাথে মিলে যায়। সুতরাং তারটি অ্যালুমিনিয়ামের তৈরি।

প্রশ্ন ▸ ২৪ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৬

একটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 2 m, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 1 mm^2 এবং অসহ পীড়ন $4.76 \times 10^7\ Nm^{-2}$। তারটির এক প্রান্তে 2 kg ভর ঝুলালে তারের দৈর্ঘ্য 2×10^{-4} m বৃদ্ধি পায়। এই ভরসহ তারটিকে এর আদি দৈর্ঘ্যের সমান ব্যাসার্ধবিশিষ্ট বৃত্তাকার পথে 4 $rads^{-1}$ বেগে ঘুরাতে গেলে তারটি ছিঁড়ে যায়। ◂ অধ্যায় ৪ ও ৭ এর সমন্বয়ে

ক. পয়সনের অনুপাত কী? ১
খ. সীসার ইয়ং এর গুণাঙ্ক $1.6 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$ বলতে কী বুঝ? ২
গ. তারটির ইয়ং-এর গুণাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তারটি কেন ছিঁড়ে গেলো তা উদ্দীপক অনুসারে গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। এই ধ্রুব সংখ্যাই বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত।

খ সীসার ইয়ং গুণাঙ্ক $1.6 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$ বলতে বুঝায় যে, 1 m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো সীসার তারের স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে দৈর্ঘ্য বরাবর 1.6×10^{10} N বল প্রয়োগ করা হলে, তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হয়।

গ তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক,

$$Y = \frac{mgL}{Al} = \frac{2 \times 9.8 \times 2}{10^{-6} \times 2 \times 10^{-4}} = 1.96 \times 10^{11}\ Nm^{-2}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
তারের দৈর্ঘ্য, $L = 2\ m$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 2 \times 10^{-4}\ m$
ভর, $m = 2\ kg$
ক্ষেত্রফল, $A = 1\ mm^2 = 10^{-6}\ m^2$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

ঘ সর্বোচ্চ কৌণিক বেগ ω_m এবং অসহ বল F হলে,

$$F = m\omega_m^2 l$$

$$\text{বা, } \omega_m^2 = \frac{F}{ml} = \frac{PA}{ml} = \frac{4.76 \times 10^7 \times 1 \times 10^{-6}}{2 \times 2}$$

$$\text{বা, } \omega_m^2 = 11.9$$

$$\therefore \omega_m = 3.45\ rads^{-1}$$

এখানে,
তারের ক্ষেত্রফল,
$A = 10^{-6} m^2$
অসহ পীড়ন,
$P = 4.76 \times 10^7\ Nm^{-2}$
ভর, $m = 2\ kg$
তারের দৈর্ঘ্য, $l = 2\ m$
সর্বোচ্চ কৌণিক বেগ, $\omega_m = ?$

∴ ভরসহ তারটি বৃত্তাকার পথে সর্বোচ্চ $3.45\ rads^{-1}$ কৌণিক বেগে ঘুরানো যাবে। যেহেতু উদ্দীপক অনুযায়ী কৌণিক বেগ $4\ rads^{-1}$, যা $3.45\ rads^{-1}$ থেকে বেশি তাই তারটি ছিঁড়ে গেল।

প্রশ্ন ▸ ২৫

সিলেট বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৬

একটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 2 m এবং ব্যাস 1 mm। তারটির উপর 10 N বল প্রয়োগ করার ফলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। ইস্পাত তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$।

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. সরল দোলন গতি সম্পন্ন কণা যখন সর্বোচ্চ বেগ প্রাপ্ত হয়, তখন ত্বরণ হয় সর্বনিম্ন– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তারটির প্রসারণে মোট কৃতকাজ, একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা কীরূপ হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ সরল দোলন গতি সম্পন্ন কণার বেগ, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$। এখানে, ω কৌণিক কম্পাঙ্ক, A বিস্তার ও x সরণ। বেগ সর্বোচ্চ হবে যদি $x = 0$ হয়, অর্থাৎ কণা যখন সাম্যাবস্থানে থাকে, তখন $v_{max} = \omega\sqrt{A^2 - 0^2} = \omega A$ হয়। সুতরাং সাম্যাবস্থানে কণার বেগ সর্বোচ্চ হয়।

আবার, সরল দোলন গতি সম্পন্ন কণার ত্বরণ, $a = -\omega^2 x$; শুধু মান নিলে, $a = \omega^2 x$। সাম্যাবস্থানে ($x = 0$ হলে) কণার ত্বরণ, $a = -\omega^2 \times 0 = 0$; যা ত্বরণের সর্বনিম্ন মান। অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায় যখন কণার বেগ সর্বোচ্চ হয় তখন ত্বরণ সর্বনিম্ন হয়।

গ আমরা জানি,

$$Y = \frac{FL}{Al}$$

$$l = \frac{FL}{AY} = \frac{10 \times 2}{7.85 \times 10^{-7} \times 2 \times 10^{11}} = 1.27 \times 10^{-4}\ m\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L = 2\ m$
ব্যাস, $d = 1\ mm = 10^{-3}\ m$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,
$A = \frac{\pi}{4}d^2 = \frac{\pi}{4} \times (10^{-3})^2 = 7.85 \times 10^{-7}\ m^2$
ইয়ং এর গুণাংক,
$Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$
প্রযুক্ত বল, $F = 10\ N$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\ell = 1.27 \times 10^{-4}\ m$
তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণে মোট কৃতকাজ W হলে,

$$W = \frac{YA\ell^2}{2L} = \frac{Y\pi r^2 l^2}{2L} = \frac{2 \times 10^{11} \times \pi \times (0.5 \times 10^{-3})^2 \times (1.27 \times 10^{-4})^2}{2 \times 2} = 6.3338 \times 10^{-4}\ J$$

তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি,

$$U = \frac{1}{2} \times \text{পীড়ন} \times \text{বিকৃতি}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{\ell}{L} = \frac{1}{2} \times \frac{F}{\pi r^2} \times \frac{l}{L}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{10}{\pi \times (0.5 \times 10^{-3})^2} \times \frac{1.27 \times 10^{-4}}{2}$$

$$= 404.253$$

এখানে,
তারের দৈর্ঘ্য, $L = 2\ m$
তারের ব্যাসার্ধ, $r = \frac{1}{2} mm = 0.5\ mm = 0.5 \times 10^{-3}\ m$
ইয়ং এর গুণাঙ্ক,
$Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$
প্রযুক্ত বল, $F = 10\ N$

দেখা যাচ্ছে, $W < U$ এবং $\frac{W}{U} = \frac{6.3638 \times 10^{-4}}{404.253} = 1.57 \times 10^{-6}$

অর্থাৎ তারটির প্রসারণে মোট কৃতকাজ, একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা 1.57×10^{-6} গুণ হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৬

যশোর বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৬

6 m দৈর্ঘ্যের এবং 0.6 mm ব্যাসার্ধের একটি ইস্পাতের এবং অপর একটি সীসার তারের শেষ প্রান্তে 25 kg ভর ঝুলিয়ে দিলে তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ যথাক্রমে 0.026 m এবং 0.325 m পাওয়া গেল। ইস্পাতের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$.

ক. স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কাকে বলে? ১
খ. আন্তঃআণবিক বলের সাহায্যে পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের ইস্পাতের তারের ব্যাসার্ধ 8.58×10^{-4} mm হ্রাস পেলে পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের তারদ্বয়ের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুতে বা তারে অনেকক্ষণ যাবৎ পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধি করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্মের অবনতি ঘটে। তখন অসহ ভার অপেক্ষা কম ভারে বস্তুটি বা তারটি ছিঁড়ে যেতে পারে। বস্তু বা তারের এ অবস্থাকে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি বলে।

খ কোনো কেলাসিত জড় পদার্থের উপর বল প্রয়োগ করা হলে সে বল বস্তুর অণুগুলোকে সাম্য দূরত্ব r_0 থেকে কিছুটা সরিয়ে নেয়। কিন্তু অণুগুলো সর্বদাই সাম্যদূরত্বে ফিরে যেতে চায়। তাই সরণের বিপরীতে একটি প্রত্যয়নী বলের সৃষ্টি হয়। প্রযুক্ত বল বস্তুকে টেনে প্রসারিত করতে চাইলে অণুসমূহের পারস্পরিক দূরত্ব বেড়ে যায় এবং প্রত্যয়নী বল হয় আকর্ষণধর্মী। আবার, প্রযুক্ত বল বস্তুটিকে সংকুচিত করতে চাইলে প্রত্যয়নী বল হবে বিকর্ষণধর্মী। এই প্রত্যয়নী বলকে স্থিতিস্থাপক বল বলে। সমপরিমাণ সরণের জন্য বিভিন্ন বস্তুর স্থিতিস্থাপক বল সমান হয় না। তাই বিভিন্ন বস্তুর স্থিতিস্থাপকতাও বিভিন্ন হয়।

গ আমরা জানি,

$$\sigma = \frac{\Delta r L}{r l} = \frac{8.58 \times 10^{-7} \times 6}{0.6 \times 10^{-3} \times 0.026} = 0.33\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L = 6\ m$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 0.026\ m$
আদি ব্যাসার্ধ,
$r = 0.6\ mm = 0.6 \times 10^{-3}\ m$
ব্যাসার্ধ হ্রাস,
$\Delta r = 8.58 \times 10^{-4}\ mm = 8.58 \times 10^{-7}\ m$
পয়সনের অনুপাত, $\sigma = ?$

ঘ সীসার ইয়ং এর গুণাঙ্ক,

$$Y_{Pb} = \frac{FL}{Al_{Pb}} = \frac{mgL}{\pi r^2 l_{Pb}} = \frac{25 \times 9.8 \times 6}{\pi \times (6 \times 10^{-4})^2 \times 0.325} = 4 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$$

এখানে,
সীসার তারের ক্ষেত্রে,
আদি দৈর্ঘ্য, L = 6 m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
ব্যাসার্ধ, $r = 0.6 \text{ mm} = 6 \times 10^{-4} \text{ m}$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_{Pb} = 0.325 \text{ m}$
নিম্ন প্রান্তে ঝুলানো ভর, m = 25 kg
ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক,
$Y_s = 2 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$

লক্ষ করি, $2 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2} > 4 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$ অর্থাৎ $Y_s > Y_{Pb}$

∴ সীসার তুলনায় ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ২৭ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

একটি পিতলের তার A যার অসহ ভার 9.23×10^4 N। এই তারের দৈর্ঘ্য বরাবর বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য 10% বৃদ্ধি পায় এবং ব্যাস 5% হ্রাস পায়। অপর একটি পিতলের তার B যার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 10^{-6} m² এবং দৈর্ঘ্য 0.3 m। B তারের এক প্রান্তে 10 kg ভরের বস্তু বেঁধে সর্বোচ্চ 4 rads⁻¹ কৌণিক দ্রুতিতে ঘুরানো সম্ভব হয়।

ক. সংনম্যতা কী? ১
খ. কোনো তারের অসহ পীড়ন $3.5 \times 10^8 \text{ Nm}^{-2}$ বলতে কী বোঝো? ২
গ. A তারের পয়সনের অনুপাত কত? নির্ণয় করো। ৩
ঘ. A ও B তারের মধ্যে কোনটি অধিকতর মোটা? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মন্তব্য করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নের অনুপাতই হলো সংনম্যতা। সংনম্যতা হচ্ছে আয়তন গুণাঙ্কের বিপরীত রাশি।

খ কোনো তারের অসহ পীড়ন $3.5 \times 10^8 \text{ Nm}^{-2}$ বলতে বুঝায়, সংশ্লিষ্ট তারের প্রস্থচ্ছেদের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে (1 m²) লম্বভাবে ন্যূনতম 3.5×10^8 N মানের বল প্রয়োগে বস্তুটি স্থায়ীভাবে ভেঙ্গে যাবে।

গ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলে ব্যাস হ্রাস পায়
সুতরাং দৈর্ঘ্য বিকৃতি ধনাত্মক হলে পার্শ্ব বিকৃতি ঋণাত্মক
∴ উদ্দীপক মতে, দৈর্ঘ্য বিকৃতি = + 10% = 0.1
এবং পার্শ্ব বিকৃতি = – 5% = – 0.05

$$\therefore \text{ পয়সনের অনুপাত} = -\frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = -\frac{-0.05}{+0.1} = 0.5 \text{ (Ans.)}$$

ঘ B তারের ব্যাসার্ধ r_B = হলে,
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,

$$A_B = \pi r_B^2$$
$$\text{বা, } \pi r_B^2 = 10^{-6}$$

এখানে,
B তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল
$A_B = 10^{-6} \text{ m}^2$

$$\text{বা, } r_B^2 = \frac{10^{-6}}{\pi} \text{ বা, } r_B = \sqrt{\frac{10^{-6}}{\pi}} = 5.642 \times 10^{-4} \text{m} = 0.5642 \text{ mm}$$

A ও B উভয় তার পিতলের তৈরি।
আমরা জানি, পিতলের ইয়ং গুণাঙ্ক $Y = 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$
A তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A হলে,

$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{l}{L}}$$
$$\text{বা, } Y\frac{l}{L} = \frac{F}{A}$$

এখানে,
অসহ ভার, $F = 9.23 \times 10^4$ N
দৈর্ঘ্য বিকৃতি, $\frac{l}{L} = 10\% = 0.1$
ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y = 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$

$$\text{বা, } 10^{11} \times 0.1 = \frac{9.23 \times 10^4}{A}$$
$$\text{বা, } A = \frac{9.23 \times 10^4}{0.1 \times 10^{11}} = 9.23 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

A তারের ব্যাসার্ধ r_A হলে,

$$\pi r_A^2 = 9.23 \times 10^{-6}$$
$$\text{বা, } r_A^2 = \frac{9.23 \times 10^{-6}}{\pi}$$
$$\text{বা, } r_A = \sqrt{\frac{9.23 \times 10^{-6}}{\pi}} = 1.714 \times 10^{-3} \text{ m} = 1.714 \text{ mm}$$

যেহেতু, $r_A > r_B$
তাই A ও B তারের মধ্যে A তার অধিকতর মোটা।

প্রশ্ন ▶ ২৮ ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৬

একটি দৃঢ় অবলম্বন হতে 200 cm দৈর্ঘ্য ও 1 mm² প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি ভিন্ন উপাদানের তার A ও B ঝুলিয়ে তারদ্বয়ের নিচে 10 kg করে ভর ঝুলানো হলো। ফলে A তারটির দৈর্ঘ্য 7% ও B-তারটির দৈর্ঘ্য 8% বৃদ্ধি পেল। $g = 9.8 \text{ m/s}^2$.

ক. সংনম্যতা কী? ১
খ. ইস্পাতের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$ বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. B তারটির একক আয়তনের বিভব শক্তি কত? ৩
ঘ. সমান বল প্রয়োগে বস্তুর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির সাথে ইয়ং-এর গুণাংকের মধ্যে সম্পর্ক উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নের অনুপাতই হলো সংনম্যতা। সংনম্যতা হচ্ছে আয়তন গুণাঙ্কের বিপরীত রাশি।

খ ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$ বলতে বুঝায়, 1 m দৈর্ঘ্য এবং 1m² প্রস্থচ্ছেদের ইস্পাতের তৈরি কোনো তারের দৈর্ঘ্য বরাবর 2×10^{11} N বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

গ আমরা জানি,

$$\text{পীড়ন} = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{10 \times 9.8}{1 \times 10^{-6}} = 98 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2}$$

এখানে,
B তারের ক্ষেত্রে,
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,
$A = 1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
ঝুলানো ভর, m = 10 kg
বিকৃতি = 8% = 0.08
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

B তারটির একক আয়তনের বিভবশক্তি,

$$E = \frac{1}{2} \times \text{পীড়ন} \times \text{বিকৃতি} = \frac{1}{2} \times 98 \times 10^6 \times 0.08 = 3.92 \times 10^6 \text{ Jm}^{-3} \text{ (Ans.)}$$

ঘ A তারের ক্ষেত্রে,

$$Y_A = \frac{FL}{Al_A} = \frac{mgL}{Al_A} = \frac{10 \times 9.8 \times L}{1 \times 10^{-6} \times 0.07L} = 1.4 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$$

এখানে,
ঝুলানো ভর, m = 10 kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,
$A = 1\text{mm}^2 = 1 \times 10^{-6}\text{m}^2$
আদি দৈর্ঘ্য, L = 200 cm = 2 m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_A = L \times 7\% = 0.07L$

B তারের ক্ষেত্রে,

$$Y_B = \frac{FL}{Al_B} = \frac{mgL}{Al_B} = \frac{10 \times 9.8 \times L}{1 \times 10^{-6} \times 0.08L} = 1.23 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$$

এখানে,
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_B = L \times 8\% = 0.08L$

$$\therefore \frac{Y_A}{Y_B} = \frac{FL}{Al_A} \times \frac{Al_B}{FL} = \frac{l_B}{l_A}$$
$$\text{বা, } \frac{l_A}{l_B} = \frac{Y_B}{Y_A} = \frac{1.23 \times 10^9}{1.4 \times 10^9} = 0.88$$
$$\therefore l_A : l_B = 0.88 : 1$$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে, ভিন্ন উপাদানে তৈরি দুটি সদৃশ তারের দৈর্ঘ্য বরাবর সমান বল প্রয়োগ করা হলে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ইয়ং এর গুণাঙ্কের ব্যস্তানুপাতিক এবং এক্ষেত্রে উদ্দীপকের তারদ্বয়ের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির অনুপাত 0.88 : 1।

প্রশ্ন ▶ ২৯ বরিশাল বোর্ড ২০১৯ ▌ প্রশ্ন নং ৬

একটি স্টিল তারের ওপর 10 N বল প্রয়োগে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হয় 0.1 mm। বলের পরিবর্তন করার ফলে একই দৈর্ঘ্যের এবং দ্বিগুণ ব্যাসার্ধের অন্য একটি তারে সমপরিমাণ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ঘটে।

ক. শিশিরাংক কী? ১

খ. স্থির ভরের কোনো গ্রহ সম্প্রসারিত হলে কোনো বস্তুর মুক্তিবেগ পরিবর্তন হয় কি– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতিতে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বলের পরিবর্তনের পরিমাণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু, তাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাই ঐ বায়ুর শিশিরাংক।

খ আমরা জানি, মুক্তিবেগের রাশিমালা, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$।

যেখানে, M = গ্রহের ভর এবং R = গ্রহের ব্যাসার্ধ। যদি গ্রহের ভর স্থির থাকে, তবে $v_e \propto \frac{1}{\sqrt{R}}$। অর্থাৎ, ভর স্থির থাকলে কোনো গ্রহের মুক্তিবেগ এর ব্যাসার্ধের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। স্থির ভরের কোনো গ্রহ সম্প্রসারিত হলে এর ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়, ফলে তখন এর মুক্তিবেগ হ্রাস পাবে।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5×10^{-4} J

ঘ ধরি, উভয় তার স্টীলের তৈরী।

সুতরাং, $Y_1 = Y_2 = Y$

আমরা জানি,

$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{l}{L}} = \frac{FL}{Al}$$

$$\text{বা, } F = \frac{YAl}{L}$$

$$\therefore \frac{F_2}{F_1} = \frac{\frac{YA_2l_2}{L_2}}{\frac{YA_1l_1}{L_1}}$$

$$\text{বা, } \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

$[\because L_2 = L_1 \text{ এবং } l_1 = l_2]$

$$\text{বা, } \frac{F_2}{F_1} = \frac{\pi r_2^2}{\pi r_1^2}$$

$$\text{বা, } \frac{F_2}{F_1} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\text{বা, } \frac{F_2}{F_1} = \frac{4r_1^2}{r_1^2} \text{ [এখানে, } r_2 = 2r_1]$$

$$\therefore F_2 = 4F_1$$

এখানে,
১ম তারের ক্ষেত্রে,
প্রযুক্ত বল, $F_1 = 10$ N
আদি দৈর্ঘ্য $= L_1$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= A_1$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = 0.1$ mm $= 1 \times 10^{-4}$ m
২য় তারের ক্ষেত্রে,
প্রযুক্ত বল $= F_2$
আদি দৈর্ঘ্য, $L_2 = L_1$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= A_2$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_2 = l_1 = 1 \times 10^{-4}$m

সুতরাং সমপরিমাণ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ঘটাতে হলে পূর্বের তুলনায় চারগুণ বল প্রয়োগ করতে হবে।

বলের পরিবর্তনের পরিমাণ $= F_2 - F_1 = 4F_1 - F_1 = 3F_1$

প্রশ্ন ▶ ৩০ দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ ▌ প্রশ্ন নং ৬

একটি পরীক্ষাগারে দুইটি কক্ষ। কক্ষ দুইটিতে দুইটি তার ঝুলানো আছে। প্রথম কক্ষের কক্ষ তাপমাত্রা 2°C এবং দ্বিতীয় কক্ষের কক্ষ তাপমাত্রা 30°C। দ্বিতীয় তারটি প্রথম তার অপেক্ষা মোটা। প্রথম তারের দৈর্ঘ্য 1m, ব্যাস 5mm, 3kg ভর ঝুলানোর ফলে দৈর্ঘ্য 1 cm বৃদ্ধি পেল এবং ব্যাস 0.01 mm হ্রাস পেল। আবার দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য 3m ব্যাস 15 mm। সম ভর দেওয়ায় দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেল 3 cm এবং ব্যাস হ্রাস পেল 0.03 mm।

ক. হুকের সূত্রটি লেখো। ১

খ. সরল দোলন গতির অন্তরক সমীকরণটি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রথম ও দ্বিতীয় তারের পয়সনের অনুপাতের তুলনা কর। ৩

ঘ. তার দুটির মধ্যে কোনটির অসহভার বেশি বলে তুমি মনে কর? মতামত ব্যক্ত কর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক হুকের সূত্রটি হলো— স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

খ সরল দোলন গতির ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থান হতে কণার সরণ x হলে যদি এর ওপর ক্রিয়াশীল বল F হয় তবে,

$$F \propto -x \text{ বা, } F = -kx$$

এখানে, k হচ্ছে বল ধ্রুবক। কণাটির ভর m হলে, $F = ma$

$$\therefore ma = -kx$$

ত্বরণ a কে ব্যবকলনের সাহায্যে লিখলে পাই,

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

$$\text{বা, } \frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0 \quad \text{এখানে, } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

উপরের সমীকরণটিই সরল ছন্দিত স্পন্দনের অন্তরক সমীকরণ।

গ আমরা জানি,
পয়সনের অনুপাত,

$$\sigma = -\frac{\Delta D/D}{\Delta L/L}$$

$$\therefore \sigma_1 = -\frac{\Delta D_1/D_1}{\Delta L_1/L_1} = -\frac{\Delta D_1 \times L_1}{D_1 \times \Delta L_1} = \frac{-(0.01 \times 10^{-3}) \times 1}{5 \times 10^{-3} \times 10^{-2}} = 0.2$$

$$\sigma_2 = -\frac{\Delta D_2/D_2}{\Delta L_2/L_2} = -\frac{\Delta D_2 \times L_2}{D_2 \times \Delta L_2} = -\frac{-(0.03 \times 10^{-3}) \times 3}{15 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-2}} = 0.2$$

$$\therefore \sigma_1 = \sigma_2$$

এখানে,
প্রথম তারে ক্ষেত্রে,
দৈর্ঘ্য, $L_1 = 1$ m
ব্যাস, $D_1 = 5$ mm $= 5 \times 10^{-3}$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta L_1 = 1$ cm $= 10^{-2}$ m
ব্যাস হ্রাস, $\Delta D_1 = -0.01$ mm $= -0.01 \times 10^{-3}$ m
পয়সনের অনুপাত, $\sigma_1 = ?$
দ্বিতীয় তারের ক্ষেত্রে,
দৈর্ঘ্য, $L_2 = 3$m
ব্যাস, $D_2 = 15$ mm $= 15 \times 10^{-3}$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta L_2 = 3$ cm $= 3 \times 10^{-2}$ m
ব্যাস হ্রাস, $\Delta D_2 = -0.03$ mm $= -0.03 \times 10^{-3}$ m
পয়সনের অনুপাত, $\sigma_2 = ?$

অর্থাৎ, প্রথম ও দ্বিতীয় তারের পয়সনের অনুপাত সমান। **(Ans.)**

ঘ তারদ্বয়ের পয়সনের অনুপাত সমান হওয়ায় আমরা ধরে নিতে পারি উভয় তার একই উপাদানের। সুতরাং এদের অসহ পীড়ন সমান। আমরা জানি, অসহ ভার = অসহ পীড়ন × প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এখন প্রথম ও দ্বিতীয় তারের অসহ ভার যথাক্রমে M_1 ও M_2 হলে,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2} = \left(\frac{5\text{ mm}}{15\text{ mm}}\right)^2 = \frac{1}{9}$$

$$\therefore M_2 = 9\,M_1$$

অর্থাৎ, দ্বিতীয় তারের অসহ ভার প্রথম তারের অসহ ভারের 9 গুণ। তাই আমরা বলতে পারি যে, দ্বিতীয় তারের অসহভার বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৩১ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ▌ প্রশ্ন নং ৪

রাফি একটি ল্যাবে একটি তার নিয়ে তারটি স্টিলের কীনা তা যাচাই করছিল। এই জন্য সে 2 m দৈর্ঘ্য ও 1.12 mm ব্যাসের একটি তার নিল। তারটির দৈর্ঘ্য 3 cm বৃদ্ধি পায় ও ব্যাস 5×10^{-3} mm হ্রাস পায় যদি 25 J বিভবশক্তি প্রয়োগ করা হয়। [খাঁটি স্টিলের ইয়ং মডুলাস 2×10^{11} Nm^{-2}]

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কোনো বস্তুর উপর টর্ক 25 Nm বলতে কী বুঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের তারটির পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রাফির ব্যবহৃত তারটি কি স্টিলের তৈরি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ কোন বস্তুর ওপর টর্ক 25 Nm বলতে সেই পরিমাণ ঘূর্ণন বলকে বোঝায়, যেই পরিমান ঘূর্ণন বল 1 kgm^2 জড়তার ভ্রামকবিশিষ্ট বস্তুতে 25 $rads^{-1}$ কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করে বা 25 kgm^2 জড়তার ভ্রামক বিশিষ্ট বস্তুতে 1 $rads^{-1}$ কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করে। টর্কের অপর নাম ঘূর্ণন বল। অর্থাৎ, এটি কোন বস্তুর ঘূর্ণনের প্রবণতাকে নির্দেশ করে।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.298।

ঘ তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2$

$$= 3.1416 \times (0.56 \times 10^{-3})^2$$
$$= 9.85 \times 10^{-7}\ m^2$$

আবার,

তার সম্প্রসারণে কৃতকাজ,

$$W = \frac{1}{2} \times \frac{YAl^2}{L}$$

বা, $Y = \dfrac{2WL}{Al^2}$

$$= \frac{2 \times 25 \times 2}{9.85 \times 10^{-7} \times (0.03)^2}$$
$$= 1.13 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$$
$$< 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$$ (খাঁটি স্টিলের ইয়ং মডুলাস)

এখানে,

তার সম্প্রসারণে কৃতকাজ,

W = বিভবশক্তি, $E_P = 25$ J

তারের আদি দৈর্ঘ্য, L = 2 m

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l = 3 cm = 0.03 m

তারের আদি ব্যাসার্ধ,

$r = \dfrac{1.12}{2}$ mm = 0.56×10^{-3} m

তারটির ইয়ং মডুলাস $2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$ এর কাছাকাছি হলে ধরে নেয়া যেত যে, এতে সামান্য ভেজাল বা অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকলেও এটি স্টিলের তৈরি। কিন্তু তারের প্রকৃত ইয়ং মডুলাস বিশুদ্ধ স্টিলের তুলনায় অনেক কম হওয়ায় বলা যায়, রাফির ব্যবহৃত তারটি স্টিলের ছিল না।

প্রশ্ন ▶ ৩২ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৫

সমদৈর্ঘ্যের দুটি তার P ও Q এর ব্যাস যথাক্রমে 4 mm ও 2 mm। যদি তার দুটিকে সমবলে টানা হয় তবে Q তারের চেয়ে P তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি দ্বিগুণ হয়। P তারের উপাদানের ইয়ং গুনাংক $5 \times 10^{10} Nm^{-2}$।

ক. বিকৃতি কী? ১

খ. শূন্য ওজন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P তারের দৈর্ঘ্য 20% বৃদ্ধি করতে এর উপর প্রযুক্ত পীড়ন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর একক মাত্রায় যে পরিবর্তন হয় তাই বিকৃতি।

খ শূন্য ওজন বলতে ওজনহীনতাকে বোঝায়। অর্থাৎ যেখানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান শূন্য হয়, সেখানে ওজনও শূন্য হবে। পৃথিবীর কেন্দ্রে বা কৃত্রিম উপগ্রহে এরকম অবস্থা দেখা যায়। কারণ সেখানে কোন অভিকর্ষজ ত্বরণ থাকে না।

গ আমরা জানি,

ইয়ং গুণাংক, $= \dfrac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$

বা, পীড়ন = ইয়ং গুণাংক × বিকৃতি

বা, পীড়ন $= Y \times \dfrac{l}{L}$

বা, পীড়ন $= 5 \times 10^{10} \times \dfrac{0.2L}{L}$

∴ পীড়ন $= 1 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$ (Ans.)

এখানে,

P তারের ব্যাস,

D = 4 mm = 0.004 m

আদি দৈর্ঘ্য, L

ইয়ং এর গুণাংক,

$Y = 5 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,

$l = 20\%\ L = 0.2\ L$

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\dfrac{Y_P}{Y_Q} = \dfrac{1}{8}$

অর্থাৎ, $Y_Q > Y_P$ তাই Q তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ পাবনা ক্যাডেট কলেজ ‖ প্রশ্ন নং

সমদৈর্ঘ্যের ৩টি তারের ব্যাস যথাক্রমে 2 mm, 4 mm ও 6 mm। প্রত্যেকে 700 N বল প্রয়োগের ফলে তাদের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হলো যথাক্রমে 7%, 5% ও 2%।

ক. সংনম্যতা কী?

খ. স্থিতিস্থাপকতার প্রসারণ বনাম ভার গ্রাফ ব্যাখ্যা করো।

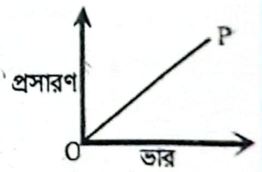
গ. ২য় তারের প্রতি একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করো।

ঘ. কোন তারটি বেশি ভার বহন করতে পারবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নের অনুপাতই বস্তুটির সংনম্যতা।

খ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে প্রসারণ বনাম ভার এর গ্রাফ সরলরৈখিক হবে। হুকের সূত্র থেকে আমরা এ সম্পর্কে ধারণা পাই। তার সূত্রমতে স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পীড়ন বিকৃতির সমানুপাতিক হয়। কোন বস্তুতে বল বা ভার প্রয়োগ করলে তার বিকৃতি ঘটে। স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম না করলে হুকের সূত্রানুসারে কোন বস্তুর ভার যত বেশি হবে প্রসারণও তত বেশি হবে। বস্তুটিতে প্রয়োগকৃত বল অপসারণ করলে বস্তু আবার তার পূর্বের অবস্থানে ফিরে আসবে। চিত্রে OP স্থিতিস্থাপক সীমা নির্দেশ করে।



গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $1.39 \times 10^6\ Jm^{-3}$

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ১ম, ২য় ও ৩য় তারের ইয়ং গুণাঙ্ক যথাক্রমে $3.18 \times 10^9\ Nm^{-2}$, $1.11 \times 10^9\ Nm^{-2}$ এবং $1.23 \times 10^9\ Nm^{-2}$। যেহেতু ১ম তারের ইয়ং গুণাঙ্কের মান বেশি তাই ১ম তারটি বেশি ভার বহন করতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ‖ প্রশ্ন নং

12 m দৈর্ঘ্যের দুটি তারের ব্যাস যথাক্রমে 6 cm ও 7 cm। যদি উভয় তারে 9×10^5 N বলে প্রয়োগ করা হয়, তাদের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 7% ও 4% বৃদ্ধি পায়।

ক. পয়সনের অনুপাত কাকে বলে?

খ. আন্তঃআণবিক বলের ভিত্তিতে পদার্থের স্থিতিস্থাপক ধর্ম ব্যাখ্যা করো।

গ. ১ম তারের একক আয়তনে সঞ্চিত স্থিতিস্থাপক শক্তি নির্ণয় করো।

ঘ. কোন তারের স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও।

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে পয়সনের অনুপাত বলে।

খ কোনো কেলাসিত জড় পদার্থের উপর বল প্রয়োগ করা হলে সে বল বস্তুর অণুগুলোকে সাম্য দূরত্ব r_0 থেকে কিছুটা সরিয়ে নেয়। কিন্তু অণুগুলো সর্বদাই সাম্যদূরত্বে ফিরে যেতে চায়। তাই সরণের বিপরীতে একটি প্রত্যয়নী বলের সৃষ্টি হয়। প্রযুক্ত বল বস্তুকে টেনে প্রসারিত করতে চাইলে অণুসমূহের পারস্পরিক দূরত্ব বেড়ে যায় এবং প্রত্যয়নী বল হয় আকর্ষিক। আবার, প্রযুক্ত বল বস্তুটিকে সংকুচিত করতে চাইলে প্রত্যয়নী বল হবে বিকর্ষিক। অর্থাৎ, বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুর স্বাভাবিক আকার বা আকৃতির পরিবর্তন করতে চাইলে, বস্তুর ভেতরের আন্তঃআণবিক বল এ পরিবর্তনকে বাধা দেয়। এই বাধা বা প্রত্যয়নী বলকে স্থিতিস্থাপক বল বলে। আর এ ধর্মই বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্ম।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $11.14 \times 10^6\ \text{Jm}^{-3}$।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{9}{7}$; অর্থাৎ, $Y_2 > Y_1$; তাই দ্বিতীয় তারটির স্থিতিস্থাপক সীমা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৩৫ **কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ৬**

1 m দীর্ঘ ও 2 mm ব্যাসার্ধের একটি তারের এক প্রান্তে যদি 5 kg ভরের একটি বস্তু ঝুলানো হয়, তবে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 0.1 mm হয়। পয়সনের অনুপাত 0.41।

ক. স্থিতিস্থাপক গুণাংক কী? ১

খ. রাবারের চেয়ে ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তারটির ব্যাসার্ধের পরিবর্তন কত হবে? ৩

ঘ. যদি ভর কমিয়ে 2 kg করা হয় তবে ব্যাসার্ধের পরিবর্তন কত হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুবসংখ্যা। এই ধ্রুব সংখ্যাই ঐ বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুনাংক।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে বল প্রয়োগ করতে হয়, সম আকারের ইস্পাতের টুকরাতে একই বিকৃতি ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ, প্রতি একক ক্ষেত্রফলে রাবারের চেয়ে ইস্পাতে বিকৃতি প্রতিরোধী বল বেশি উদ্ভূত হয়। তাই, রাবারের তুলনায় ইস্পাতের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি তথা ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** -8.2×10^{-8} m।

ঘ পয়সনের অনুপাত থেকে পাই,

$$\sigma = \frac{r/R}{l/L} = \frac{rL}{Rl}$$

সুতরাং, $\frac{\Delta rL}{Rl} = \frac{\Delta r_1 L}{Rl_1} = \frac{\Delta r_2 L}{Rl_2}$

বা, $\frac{\Delta r_1}{\Delta r_2} = \frac{l_1}{l_2}$

আবার, $Y = \frac{FL}{Al} = \frac{mgL}{Al}$

5 kg ও 2 kg উভয় ভরের ক্ষেত্রে তুলনা করে পাই,

$$\frac{5\,gL}{Al_1} = \frac{2gL}{Al_2}$$

এখানে,
১ম ক্ষেত্রে তারের দৈর্ঘ্য, L = 1 m
ব্যাসার্ধ, $R_1 = 2\ \text{mm} = 2 \times 10^{-3}\text{m}$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = 0.1\ \text{mm} = 0.0001$ m
'গ' থেকে পাই, ব্যাসার্ধের পরিবর্তন,
$\Delta r_1 = 8.2 \times 10^{-8}$ m
ভর, $m_1 = 5$ kg
ক্ষেত্রফল, A
পয়সনের অনুপাত = 0.41
২য় ক্ষেত্রে ভর, $m_2 = 2$ kg
ব্যাসার্ধ, $R_2 = R_1$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_2 = ?$
ব্যাসার্ধের পরিবর্তন, $\Delta r_2 = ?$

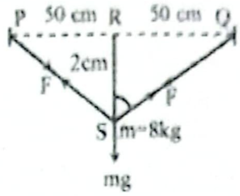
বা, $\frac{l_2}{l_1} = \frac{2}{5} = \frac{\Delta r_2}{\Delta r_1}$

বা, $\Delta r_2 = \frac{2}{5}\Delta r_1 = \frac{2}{5} \times 8.2 \times 10^{-8}\ \text{m} = 3.28 \times 10^{-8}$ m

অর্থাৎ ব্যাসার্ধের পরিবর্তন হবে 3.28×10^{-8} m।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ **ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ৭**

নিচের চিত্রে 1 m দৈর্ঘ্য ও 2.8 mm ব্যাসের লোহার তারের মাঝখানে 8 kg একটি ভর ঝুলানো হলো।



ক. অসহ পীড়ন কাকে বলে? ১

খ. একটি ইস্পাতের তারকে বারবার বাঁকানো হলে এটি উত্তপ্ত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তারটির ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

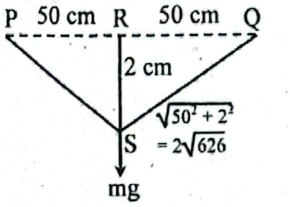
ঘ. যদি লোহার তারের পরিবর্তে একই দৈর্ঘ্য ও একই ব্যাসার্ধের একটি তামার তার নেওয়া হয় এবং একই ভর ঝুলালে যদি দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহার তারের 60% হয় তবে ইয়ং এর গুণাঙ্কের কী পরিবর্তন ঘটবে? ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভারকে বা অসহ ওজনকে অসহ পীড়ন বলে।

খ একটি ইস্পাতের তারকে বারবার বাঁকালে এর ভিতরের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ বলের দরুন পরমাণুগুলো ছুটাছুটি করতে থাকবে। ফলে অণুসমূহের মধ্যকার গতিশক্তি বৃদ্ধি পাবে। আমরা জানি, অণুসমূহের গতিশক্তি তাপমাত্রার সমানুপাতিক হারে বৃদ্ধি পায়। অতএব গতিশক্তি বৃদ্ধির দরুণ ইস্পাতের তারে তাপের উদ্ভব হয় অর্থাৎ তারটি উত্তপ্ত হয়।

গ চিত্রে,



এখানে,
তারের দৈর্ঘ্য,
PQ = L = 1 m = 100 cm
ব্যাস, D = 2.8 mm
$= 2.8 \times 10^{-3}$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
ভর, m = 8 kg
ইয়ং এর গুণাঙ্ক, Y = ?

তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 2\text{QS} - \text{PRQ}$ $\left[\begin{array}{l}\because\ \text{PR} = \text{RQ} \\ \therefore\ \text{PS} = \text{QS}\end{array}\right]$

$= (2 \times 2\sqrt{626} - 100)$ cm

$= 0.0799\ \text{cm} = 7.99 \times 10^{-4}\text{m}$

আমরা জানি, ইয়ং এর গুণাঙ্ক,

$$Y = \frac{FL}{Al} = \frac{mgL}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 \times l} = \frac{8 \times 9.8 \times 1}{\pi\left(\frac{2.8 \times 10^{-3}}{2}\right)^2 \times 7.99 \times 10^{-4}}$$

$$= 1.59 \times 10^{10}\ \text{Nm}^{-2}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত,
লোহার তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি
$= 0.0799$ cm
সুতরাং তামার তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হবে 0.0799 cm এর 60%
$= 0.6 \times 0.0799$ cm
$= 0.0479$ cm
$= 4.79 \times 10^{-4}$ m

এখানে,
তারের দৈর্ঘ্য, L = 1 m = 100 cm
ব্যাস, $D = 2.8\ \text{mm} = 2.8 \times 10^{-3}$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
ভর, m = 8 kg
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = ?$
তামার তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক, Y = ?
'গ' হতে পাই,
লোহার তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক,
$Y' = 1.59 \times 10^{10}\ \text{Nm}^{-2}$

তামার তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক,

$$Y = \frac{FL}{Al} = \frac{mgL}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 l} = \frac{8 \times 9.8 \times 1}{\pi\left(\frac{2.8 \times 10^{-3}}{2}\right)^2 \times 4.7 \times 10^{-4}} = 2.65 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$$

$\therefore Y > Y'$

অর্থাৎ তামার তারের ইয়ং গুণাঙ্কের মান লোহার তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক অপেক্ষা $\frac{2.65 \times 10^{10}}{1.59 \times 10^{10}} = 1.667$ গুণ হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩৭ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

মি. X 4 m দৈর্ঘ্যের ও 0.2 mm ব্যাসার্ধের দুটি তারে 50 kg ভর ঝুলালো। একটি তার ইস্পাতের ও অপরটি লোহার। ভর ঝুলানোর পর সে তার দুটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি যথাক্রমে 250 mm ও 350 mm পেল। [ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$]

ক. কালিক পর্যাবৃত্তি কী? ১

খ. সরল দোলন গতিতে $a \propto -x$ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে ইস্পাতের তার কর্তৃক কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন তারের বেশি ভার বহন করার ক্ষমতা আছে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো রাশির মান বা ফাংশনের মান যদি এমন হয় যে নির্দিষ্ট সময় পর পর সেটি একই মান প্রাপ্ত হয়, তবে তাই কালিক পর্যাবৃত্তি।

খ সরল দোলন গতিতে চলমান কোণ বস্তুর ত্বরণ একটি নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে সরণের সমানুপাতিক এবং সর্বদা ঐ বিন্দু অভিমুখী হয়। অর্থাৎ যেকোন সময় ত্বরণের মান সাম্যাবস্থান থেকে সরণের মানের সমানুপাতিক এবং এর দিক বিপরীত। তাই এটিকে $a \propto -x$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এখানে ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা বিপরীত অভিমুখীতা বোঝায়।

গ আমরা জানি,

কৃতকাজ, $W = \frac{1}{2} \times \frac{YAl^2}{L}$

$= \frac{1}{2} \times \frac{Y \times \pi R^2 l^2}{L}$

$= \frac{1}{2} \times \frac{2 \times 10^{11} \times \pi (0.2 \times 10^{-3})^2 \times 0.25^2}{4}$

$= 196.35$ J **(Ans.)**

এখানে,
ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য, $L = 4$ m
ব্যাসার্ধ, $R = 0.2$ mm $= 0.2 \times 10^{-3}$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 250$ mm $= 0.25$ m
ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক, $Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$
কৃতকাজ, $W = ?$

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\frac{Y_1}{Y_2} = 1.4$ অর্থাৎ ১ম তারের ইয়ং গুণাঙ্কের মান বেশি। তাই ১ম তারের বেশি ভার বহন করার ক্ষমতা আছে।

প্রশ্ন ▸ ৩৮ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৫

0.3 m লম্বা এবং $10^{-6}\ m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তারের এক প্রান্তে 10 kg ভরের একটি বস্তুকে বেধে বৃত্তাকার পথে ঘুরাচ্ছে। তারটির উপাদানের অসহ পীড়ন $4.8 \times 10^7\ Nm^{-2}$।

ক. স্থিতিস্থাপক সীমা কাকে বলে? ১

খ. পয়সনের অনুপাত ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তারটির অসহ বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তারটি সর্বনিম্ন কত বেগে ঘুরালে ছিড়ে যাবে— বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বলের যে সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তুর ন্যায় আচরণ করে অর্থাৎ হুকের সূত্র মেনে চলে তাকে ঐ বস্তুর স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

খ কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে ঐ বস্তুর পয়সনের অনুপাত বলে। একে σ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। মনে করি, কোনো পাতের দৈর্ঘ্য L এবং প্রস্থ D; যদি তারের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের পরিবর্তন যথাক্রমে l ও d হয় তবে,

দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{l}{L}$; পার্শ্ব বিকৃতি $= \frac{d}{D}$

$\therefore$ পয়সনের অনুপাত $= \frac{-\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$

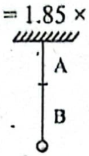
$\sigma = -\frac{d/D}{l/L}$ [এখানে (–) চিহ্ন ব্যবহৃত হয়েছে এটি বোঝাতে যে দৈর্ঘ্য বিকৃতি ও পার্শ্ব বিকৃতির একটি ধনাত্মক হলে অপরটি ঋণাত্মক হবে।]

গ ২০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৩৯ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ১

A ও B উভয় তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ও প্রাথমিক দৈর্ঘ্য সমান। নিচের প্রান্তে 5 kg ভর ঝুলানো হলে পর্যবেক্ষণে দেখা গেল A তারের প্রতি একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ বেশি হয়।
$Y_A = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$ এবং $Y_B = 1.85 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$



ক. দৃঢ়তার গুণাংকের মাত্রা লিখ। ১

খ. একটি নিরেট গোলকের মহাকর্ষীয় প্রাবল্য বনাম দূরত্বের লেখচিত্র ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তার দুটির সম্মিলিত ইয়ং এর গুণাংক বের কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের পর্যবেক্ষণের সত্যতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

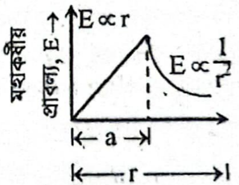
ক দৃঢ়তার গুণাংকের মাত্রা $ML^{-1}T^{-2}$।

খ নিরেট গোলকের পৃষ্ঠ থেকে বাইরে যেকোন বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কেন্দ্র থেকে দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। কেন্দ্র O থেকে বিন্দুর দূরত্ব r হলে প্রাবল্য, $E = \frac{GM}{r^2}$

আবার, গোলকের অভ্যন্তরে যেকোন বিন্দুতে প্রাবল্য

$E = \frac{GM}{a^3} r$

যেখানে a = ব্যাসার্ধ
r = কেন্দ্র থেকে দূরত্ব
$\therefore E \propto r$



$\therefore$ এক্ষেত্রে প্রাবল্য বনাম দূরত্বের সম্পর্ক সরলরৈখিক হবে।

গ আমরা পাই,

$Y_A = \frac{FL}{Al_A}$ বা, $l_A = \frac{FL}{AY_A}$

$Y_B = \frac{FL}{Al_B}$ বা, $l_B = \frac{FL}{AY_B}$

[দুইটি তারের ক্ষেত্রে F একই কারণ একই ভর দ্বারা টানা হচ্ছে।]

আমরা জানি,
তারের সিরিজ সমবায়ে প্রত্যেকের বিকৃতির যোগফল = সমবায়ের মোট বিকৃতি।

বা, $l_A + l_B = l$

বা, $l = l_A + l_B$

বা, $\frac{FL}{AY} = \frac{FL}{AY_A} + \frac{FL}{AY_B}$

বা, $\frac{1}{Y} = \frac{1}{Y_A} + \frac{1}{Y_B}$

এখানে,
A ও B তারের প্রাথমিক দৈর্ঘ্য সমান
$\therefore L_A = L_B = L$
A ও B তারের প্রাথমিক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল সমান
$\therefore A_A = A_B = A$
A তারের ইয়ং এর গুণাংক, $Y_A = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$
B তারের ইয়ং এর গুণাংক, $Y_B = 1.85 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$
তার দুটির সম্মিলিত ইয়ং এর গুণাংক, $Y = ?$

বা, $Y = \frac{Y_A Y_B}{Y_A + Y_B} = \frac{2 \times 10^{11} \times 1.85 \times 10^{11}}{2 \times 10^{11} + 1.85 \times 10^{11}} = 9.61 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ, $U = \frac{1}{2} \times$ পীড়ন $\times$ বিকৃতি

A তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি,

$U_A = \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{l_A}{L}$

B তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি,

$U_B = \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{l_B}{L}$

$\therefore \frac{U_A}{U_B} = \frac{l_A}{l_B}$

এখানে,
A তারের বিকৃতি = l_A
B তারের বিকৃতি = l_B
A তারের দৈর্ঘ্য = B তারের দৈর্ঘ্য = L
A তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল = B তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল = A
A তারের ইয়ং এর গুণাংক, $Y_A = 2 \times 10^{11}$ Nm^{-2}
B তারের ইয়ং এর গুণাংক, $Y_B = 1.85 \times 10^{11}$ Nm^{-2}
5 kg ভর ঝুলানোর ফলে প্রযুক্ত বল, F_A (A তারে) = F_B (B তারে) = F

এখন, $Y_A > Y_B$ হওয়ায়, A তারের বিকৃতি, $l_A <$ B তারের বিকৃতি, l_B

$\therefore \frac{l_A}{l_B} < 1$

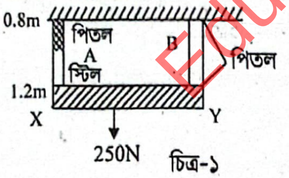
অর্থাৎ, $\frac{U_A}{U_B} < 1$

$\therefore U_A < U_B$

A তারে একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ কম হবে। অর্থাৎ, উদ্দীপকের পর্যবেক্ষণটি ভুল।

প্রশ্ন ▸ ৪০ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৪

একটি তামার তারের একপ্রান্তে 10 kg ভরের একটি বস্তুকে বেঁধে বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে। তারটি 0.3 m লম্বা এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 10^{-6} m^2। তারটির অসহ পীড়ন 4.8×10^7 Nm^{-2}। পরবর্তীতে 250 N ওজনের একটি ভারি সুষম ধাতব দণ্ড XY, সমান দৈর্ঘ্যের দুটি তার A ও B দ্বারা অনুভূমিক তলে ঝুলানো আছে। প্রতিটি তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 2.5×10^{-7} m^2, A তারের 0.8m পিতলের এবং বাকি 1.2 m স্টিলের যা চিত্র-১ এ দেখানো হয়েছে। স্টিলের ইয়ং এর গুণাংক 2×10^{11} Nm^{-2} এবং পিতলের ইয়ং এর গুণাংক 1×10^{11} Nm^{-2}।



চিত্র-১

◀ অধ্যায় ৪ ও ৭ এর সমন্বয়ে

ক. গতীয় ঘর্ষণ গুণাংক কী? ১
খ. বল ও টর্ক এক নয় কেন?— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের ১ম ক্ষেত্রে বস্তুটিকে সর্বোচ্চ কত কৌণিক বেগে ঘুরানো যাবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের XY বারের কোন প্রান্ত বেশি নিচু হবে— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর ওপর দিয়ে চলতে থাকে তখন প্রাপ্ত গতীয় ঘর্ষণ বল এবং অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া বলের অনুপাতই গতীয় ঘর্ষণ গুণাংক।

খ বল ও টর্কের মধ্যে পার্থক্য:

i. বল প্রয়োগে বস্তুর রৈখিক সরণ ঘটে কিন্তু টর্ক প্রয়োগ করলে বস্তুর কৌণিক সরণ ঘটে।
ii. বলের একক নিউটন, টর্কের একক নিউটন-মিটার।
iii. বল এবং টর্কের মধ্যে সম্পর্ক:
টর্ক = বল × কার্যকরী দূরত্ব
$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

এগুলো থেকে বলা যায় যে, বল ও টর্ক এক নয়।

গ আমরা জানি,

অসহ পীড়ন, $P = \frac{T}{A}$

বা, $T = PA$
$= 4.8 \times 10^7 \times 10^{-6}$
$= 48$ N

এখানে,
ভর, m = 10 kg
ব্যাসার্ধ, r = 0.3 m
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, A = 10^{-6} m^2
অসহ পীড়ন, P = 4.8×10^7 Nm^{-2}
সুতার টান, T = ?
কৌণিক বেগ, ω = ?

আবার, কেন্দ্রবিমুখী বল, $F = m\omega^2 r$

সুতরাং সর্বোচ্চ কৌণিক বেগে ঘুরানোর ক্ষেত্রে,

কেন্দ্রবিমুখী বল = সুতার টান

বা, $m\omega^2 r = 48$

বা, $\omega^2 = \frac{48}{mr}$

বা, $\omega = \sqrt{\frac{48}{mr}} = \sqrt{\frac{48}{10 \times 0.3}} = 4$ rads^{-1}

অর্থাৎ সর্বোচ্চ 4 rads^{-1} কৌণিক বেগে ঘুরানো যাবে। **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

ইয়ং এর গুণাংক, $Y = \frac{FL}{Al}$

বা, $l = \frac{FL}{AY}$

তার দুটিতে প্রযুক্ত বল সমানভাগে ভাগ হচ্ছে

$\therefore$ A তারের ক্ষেত্রে, পিতল তারের প্রসারণ, $l_1 = \frac{\left(\frac{F}{2}\right) L_c}{Y_c A}$

$= \frac{\left(\frac{250}{2}\right) \times 0.8}{1 \times 10^{11} \times 2.5 \times 10^{-7}}$
$= 4 \times 10^{-3}$ m

স্টিল তারের প্রসারণ,

$l_2 = \frac{\left(\frac{F}{2}\right) L_S}{Y_S A} = \frac{\frac{250}{2} \times 1.2}{2 \times 10^{11} \times 2.5 \times 10^{-7}}$
$= 3 \times 10^{-3}$ m

এখানে,
A তারের ক্ষেত্রে পিতলের অংশ, $L_c = 0.8$ m
এবং স্টিলের অংশ, $L_s = 1.2$ m
তারের দৈর্ঘ্য, $L_B = 1.2 + 0.8 = 2$ m
XY দণ্ডের ওজন, F = 250 N
উভয় তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, A = 2.5×10^{-7} m^2
স্টিলের ইয়ং এর গুণাংক, $Y_s = 2 \times 10^{11}$ Nm^{-2}
পিতলের ইয়ং এর গুণাংক, $Y_c = 1 \times 10^{11}$ Nm^{-2}
A তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l_A = ?
B তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l_B = ?

সুতরাং A তারে মোট প্রসারণ হবে $l_A = l_1 + l_2 = 4 \times 10^{-3} + 3 \times 10^{-3}$
$= 7 \times 10^{-3}$ m

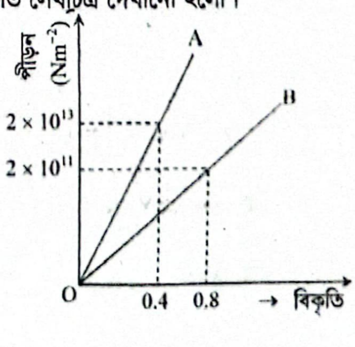
B তারের ক্ষেত্রে,

প্রসারণ, $l_B = \frac{\left(\frac{F}{2}\right) L_B}{Y_c A} = \frac{\frac{250}{2} \times 2}{1 \times 10^{11} \times 2.5 \times 10^{-7}} = 10 \times 10^{-3}$ m

যেহেতু, $l_A < l_B$, অতএব XY বারের B প্রান্তটি বেশি নিচু হবে কারণ এর প্রসারণ বেশি।

প্রশ্ন ▸ ৪১ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৭

একই দৈর্ঘ্য এবং একই প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট দুটি ভিন্ন উপাদানের তার নেওয়া হলো। স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে তার দুটির পীড়ন বনাম বিকৃতি লেখচিত্র দেখানো হলো।



ক. প্রত্যয়নী বল কাকে বলে? ১

খ. সরল দোলকের T^2 বনাম L লেখচিত্রের প্রকৃতি কেমন হবে? ২

গ. A তারের শক্তি ঘনত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B তারের সঞ্চিত শক্তির তুলনা করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

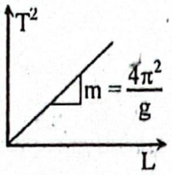
ক সরল ছন্দিত স্পন্দনরত কোনো বস্তুকণা সাম্যাবস্থান হতে সরে গেলে একে সাম্যাবস্থানে ফিরিয়ে আনার জন্য যে বল ক্রিয়া করে এবং যে বল সাম্যাবস্থান হতে সরণের সমানুপাতিক তবে সরণের বিপরীতমুখী, তাকে প্রত্যয়নী বল বলে।

খ সরল দোলকের দোলনকাল, T এবং কার্যকরী দৈর্ঘ্য L হলে

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

বা, $T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g}$

বা, $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L$



যা, $y = mx$ মূলবিন্দুগামী সরলরেখার সমীকরণের সমতুল্য।

অর্থাৎ, সরল দোলকের T^2 বনাম L লেখচিত্রের প্রকৃতি হবে মূল বিন্দুগামী সরলরেখা।

গ আমরা জানি,

'A' তারের একক আয়তনে সঞ্চিত বিভবশক্তি বা শক্তি ঘনত্ব,

$U = \frac{1}{2} \times$ দৈর্ঘ্য পীড়ন $\times$ দৈর্ঘ্য বিকৃতি

$= \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{l}{L}$

$= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{13} \times 0.4$

$= 4 \times 10^{12}\ Jm^{-3}$ **(Ans.)**

এখানে,

লেখচিত্র থেকে পাই,

A তারের ক্ষেত্রে,

দৈর্ঘ্যপীড়ন $\frac{F}{A} = 2 \times 10^{13}\ Nm^{-2}$

দৈর্ঘ্য বিকৃতি, $\frac{l}{L} = 0.4$

ঘ

A তারের ইয়ং গুণাঙ্ক,

$Y_1 = \frac{\text{দৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = \frac{\frac{F_1}{A_1}}{\frac{l_1}{L_1}}$

$= \frac{2 \times 10^{13}}{0.4}$

$= 5 \times 10^{13}\ Nm^{-2}$

B তারের ইয়ং গুণাঙ্ক,

$Y_2 = \frac{\text{দৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = \frac{\frac{F_2}{A_2}}{\frac{l_2}{L_2}}$

$= \frac{2 \times 10^{11}}{0.8}$

$= 2.5 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$

এখানে,

'A' তারের ক্ষেত্রে, দৈর্ঘ্যপীড়ন,

$\frac{F_1}{A_1} = 2 \times 10^{13}\ Nm^{-2}$

দৈর্ঘ্য বিকৃতি, $\frac{l_1}{L_1} = 0.4$

'B' তারের ক্ষেত্রে,

দৈর্ঘ্য পীড়ন,

$\frac{F_2}{A_2} = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$

দৈর্ঘ্য বিকৃতি, $\frac{l_2}{L_2} = 0.8$

উভয় তারের আদি দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল একই হলে, $L_1 = L_2$ এবং $A_1 = A_2$

আমরা জানি,

কোনো তারের সঞ্চিত শক্তি,

$$W = \frac{YAl^2}{2L} = \frac{YAL}{2} \times \frac{l^2}{L^2} = \frac{1}{2}YAL \times \left(\frac{l}{L}\right)^2$$

$\therefore$ A তারের সঞ্চিত শক্তি, $W_1 = \frac{1}{2}Y_1 A_1 L_1 \times \left(\frac{l_1}{L_1}\right)^2$

B তারের সঞ্চিত শক্তি, $W_2 = \frac{1}{2}Y_2 A_2 L_2 \times \left(\frac{l_2}{L_2}\right)^2$

A ও B তারের সঞ্চিত শক্তির অনুপাত,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\frac{1}{2}Y_1A_1L_1 \times \left(\frac{l_1}{L_1}\right)^2}{\frac{1}{2}Y_2A_2L_2 \times \left(\frac{l_2}{L_2}\right)^2}$$

$$= \frac{Y_1 \times \left(\frac{l_1}{L_1}\right)^2}{Y_1 \times \left(\frac{l_2}{L_2}\right)^2} [\because A_1 = A_2 \text{ এবং } L_1 = L_2]$$

$$= \frac{5 \times 10^{13} \times (0.4)^2}{2.5 \times 10^{11} \times (0.8)^2}$$

$= 50$

$\therefore W_1 = 50\ W_2$

সুতরাং বলা যায়, A তারের সঞ্চিত শক্তি B তারের সঞ্চিত শক্তির 50 গু

প্রশ্ন ▶ ৪২ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং

একটি ইস্পাত তারের দৈর্ঘ্য 2 m এবং ব্যাস 1.12 mm। তারটির দৈর্ বরাবর নির্দিষ্ট পরিমাণ বল প্রয়োগ করায় এর দৈর্ঘ্য 3 cm বৃদ্ধি পা এবং ব্যাস 5×10^{-3} mm হ্রাস পায়। ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাংক 2 $10^{11}\ Nm^{-2}$।

ক. অসহ পীড়ন কাকে বলে? ১

খ. ইস্পাত ও রাবার এর মধ্যে কোনটি কম স্থিতিস্থাপক ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তারটির পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তারটির বল, পীড়ন, কৃতকাজ ও একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভারকে ব অসহ ওজনকে অসহ পীড়ন বলে।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে ব প্রয়োগ করতে হয়, সম আকারের ইস্পাতের টুকরাতে একই বিকৃ ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ রাবারের তুলনা ইস্পাতের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি। তাই ইস্পাত ও রাবার এ মধ্যে রাবার কম স্থিতিস্থাপক।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.297।

ঘ আমরা জানি,

ইয়ং এর গুণাংক, $Y = \frac{FL}{Al}$

বা, $F = \frac{YAl}{L} = \frac{Y\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 l}{L}$

বা, $F = \frac{2 \times 10^{11} \times \pi \times \left(\frac{1.12 \times 10^{-3}}{2}\right)^2 \times 0.03}{2}$

$\therefore F = 2954.1$ N

আবার, পীড়ন, $P = \frac{F}{A} = \frac{2954.1}{\pi\left(\frac{1.12 \times 10^{-3}}{2}\right)^2}$

$\therefore P = 2.99 \times 10^9\ Nm^{-2}$

কৃতকাজ, $W = \frac{YAl^2}{2L}$

বা, $W = \frac{2 \times 10^{11} \times \pi\left(\frac{1.12 \times 10^{-3}}{2}\right)^2 \times (0.03)^2}{2 \times 2}$

$\therefore W = 44.3$ J

এখানে,

ইস্পাতের তারের দৈর্

$L = 2$ m

ব্যাস, D = 1.12 mm

$= 1.12 \times 10^{-3}$ m

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,

$l = 3$ cm $= 0.03$ m

ব্যাস হ্রাস,

$d = 5 \times 10^{-3}$ mm

$= 5 \times 10^{-6}$ m

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,

$A = \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2$

$= \pi\left(\frac{1.12 \times 10^{-3}}{2}\right)^2$

ইয়ং এর গুণাংক,

$Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$

পীড়ন, P = ?

কাজ, W = ?

একক আয়তনে সঞ্চি শক্তি, U = ?

বল, F = ?

একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{Yl^2}{2L^2}$

বা, $U = \frac{2 \times 10^{11} \times 0.03^2}{2 \times 2^2} = 2.25 \times 10^7 \text{ J m}^{-3}$

অর্থাৎ, উদ্দীপকের তারটির বল 2954.1 N, পীড়ন $2.99 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$, কৃতকাজ 44.3 J ও একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি $2.25 \times 10^7 \text{ Jm}^{-3}$ ।

প্রশ্ন ▸ ৪৩ ঢাকা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩

দুটি তারের দৈর্ঘ্য সমান কিন্তু ব্যাস যথাক্রমে 2 mm ও 3 mm। তার দুটিকে সমান বলে টানলে প্রথমটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি দ্বিতীয়টির তিনগুণ এবং ব্যাস হ্রাসের অনুপাতে 2:1 হয়। প্রথম তারের পয়সনের অনুপাত 0.4।

ক. স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি কাকে বলে? ১

খ. একটি স্প্রিং-এর বিভবশক্তি 2J বলতে কী বুঝ? ২

গ. দ্বিতীয় তারের পয়সনের অনুপাত বের করো। ৩

ঘ. কোন তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক বলের বিরুদ্ধে কাজ করে বস্তুর বিকৃতি ঘটানো হলে বস্তু কাজ করার যে সামর্থ্য অর্জন করে তাকে স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি বলে।

খ একটি স্প্রিং এর বিভবশক্তি 2 J বলতে বুঝায় স্প্রিংটিকে সাম্যাবস্থা থেকে যখন সংকুচিত বা প্রসারিত করা হয় তখন স্প্রিং এ সঞ্চিত শক্তির মান 2 J.

গ দ্বিতীয় তারের পয়সনের অনুপাত σ_2 হলে আমরা পাই–

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\frac{\Delta d_1}{d_1} / \frac{l_1}{L}}{\frac{\Delta d_2}{d_2} / \frac{l_2}{L}}$$

$$= \frac{\Delta d_1 \, d_2 \, l_2}{d_1 \, l_1 \, \Delta d_2}$$

$$= \frac{\Delta d_1}{\Delta d_2} \times \frac{d_2}{d_1} \times \frac{l_2}{l_1}$$

$$= 2 \times \frac{3}{2} \times \frac{l_2}{3l_2}$$

$$= 2 \times \frac{3}{2} \times \frac{1}{3} = 1$$

এখানে,
দুটি তারের দৈর্ঘ্য = L (ধরি)
১ম তারের ব্যাস, $d_1 = 2$ mm
২য় তারের ব্যাস, $d_2 = 3$ mm
দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l_2
১ম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = 3l_2$
ব্যাস হ্রাসের অনুপাত, $\frac{\Delta d_1}{\Delta d_2} = 2$
১ম তারের পয়সনের অনুপাত, $\sigma_1 = 0.4$

অর্থাৎ, $\sigma_1 = \sigma_2$ বা, $\sigma_2 = 0.4$ **(Ans.)**

ঘ ১৯ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $Y_A = 0.75Y_B$; : $Y_B > Y_A$ অর্থাৎ, দ্বিতীয় তারটি বেশি স্থিতিস্থাপন।

প্রশ্ন ▸ ৪৪ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

গবেষণাগারে ব্যবহারের জন্য বিশেষভাবে নির্মিত দুটি তার P ও Q নেয়া হলো। পরীক্ষায় প্রাপ্ত রাশির মান নিম্নরূপ:

তার	দৈর্ঘ্য	ব্যাসার্ধ	ঝুলানো ভর	দৈর্ঘ্য প্রসারণ	ব্যাস হ্রাস
P	2.80 m	0.5 cm	0.5 kg	3.2 mm	0.005 mm
Q	2.75 m	0.6 cm	0.75 kg	3 mm	0.009 mm

ক. সরল ছন্দিত গতি কাকে বলে? ১

খ. আকাশ মেঘলা থাকলে শিশির পড়ে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 'P' তারের পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোন কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয়, যেকোন মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয়, অর্থাৎ ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

খ দিনের বেলায় সূর্যের তাপে ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বাতাস গরম থাকে এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে। মেঘহীন রাত্রিতে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠাণ্ডা হতে থাকে এবং পরিশেষে এমন একটি তাপমাত্রায় উপনীত হয় যখন বাতাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির জমে। কিন্তু আকাশ মেঘলা থাকলে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠাণ্ডা হতে পারে না। কারণ মেঘ তাপরোধী পদার্থ বলে ভূপৃষ্ঠ হতে বিকিরণ জনিত তাপ পরিবাহিত হতে পারে না। ফলে ভূপৃষ্ঠ তথা ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ঠাণ্ডা হয় না এবং শিশির পড়ে না।

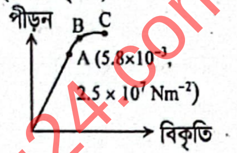
গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.4375।

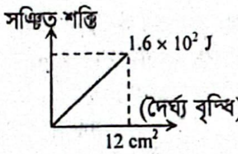
ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** P তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y_P = 54.59 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2}$, Q তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y_Q = 59.57 \times 10^6 \text{ Nm}^{-2}$।

$\because Y_Q > Y_P$, তাই Q তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▸ ৪৫ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৬

50 cm দীর্ঘ এবং 20 mm^2 প্রস্থচ্ছেদের দুটি ভিন্ন তার নেয়া হল। প্রথম তারের পীড়ন বনাম বিকৃতি লেখচিত্র দেখানো হল। A বিন্দুটি প্রথম তারের স্থিতিস্থাপক সীমা নির্দেশ করে। C বিন্দুতে তারটির উপাদানের অসহ পীড়ন $5.5 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}$। দ্বিতীয় তারের সঞ্চিত শক্তি বনাম (দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি)^2 লেখচিত্র দেখানো হল।





ক. সংনম্যতা কী? ১

খ. কোন বস্তুর অসহ পীড়ন $11.5\times10^7 \text{ Nm}^{-2}$ বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সর্বোচ্চ কত ভরের বস্তু ১ম তারের সাথে বেঁধে ঝুলানো যাবে? ৩

ঘ. কোন তারের ভার নেয়ার সামর্থ্য বেশি— গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নের অনুপাতই সংনম্যতা।

খ কোন বস্তুর অসহ পীড়ন $11.5 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}$ বলতে বুঝায়, সংশ্লিষ্ট বস্তুর প্রস্থচ্ছেদের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে (1 m^2) লম্বভাবে ন্যূনতম 11.5×10^7 N মানের বল প্রয়োগে বস্তুটি স্থায়ীভাবে ভেঙ্গো যাবে।

গ আমরা জানি,

$$\text{অসহ পীড়ন} = \frac{\text{অসহ ভার}}{\text{প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল}}$$

এখানে,
১ম তারের ক্ষেত্রে,
অসহ পীড়ন = $5.5 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ = 9.8 ms^{-2}
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল = 20 mm^2
$= 20 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

বা, অসহ ভার = অসহ পীড়ন × প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

$$= 5.5 \times 10^7 \times 20 \times 10^{-6}$$

$$= 1100 \text{ N}$$

এখন, অসহ ভার = সর্বোচ্চ ভর × অভিকর্ষজ ত্বরণ

$$\text{বা, সর্বোচ্চ ভর} = \frac{\text{অসহ ভার}}{\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ}} = \frac{1100}{9.8} = 112.24 \text{ kg (প্রায়)}$$

অর্থাৎ, ১ম তারের সাথে সর্বোচ্চ 112.24 kg ভরের বস্তু বেধে ঝুলানো যাবে। **(Ans.)**

ঘ ১ম তারের উপাদানের ইয়ং এর গুণাঙ্ক Y_A হলে,

$$Y_A = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$$

$$= \frac{2.5 \times 10^7}{5.8 \times 10^{-3}}$$

$$= 4.31 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$$

এখানে,
১ম তারের ক্ষেত্রে,
পীড়ন = $2.5 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}$
বিকৃতি = 5.8×10^{-3}

২য় তারের ক্ষেত্রে, এর উপাদানের ইয়ং এর গুণাঙ্ক

Y_B হলে, $W = \frac{Y_B A l^2}{2L}$

বা, $Y_B = \frac{W \times 2L}{A l^2}$

$= \frac{160 \times 2 \times 0.5}{20 \times 10^{-6} \times 1.2 \times 10^{-3}}$

$= 6.67 \times 10^{9}\ Nm^{-2}$

দেখা যাচ্ছে, $Y_A < Y_B$

এখানে,
২য় তারের ক্ষেত্রে,
সঞ্চিত শক্তি, $W = 1.6 \times 10^2\ J = 160\ J$
(দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি)^2, $l^2 = 12\ m^2 = 1.2 \times 10^{-3}\ m^2$
আদি দৈঘ্য, $L = 50\ cm = 0.5\ m$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,
$A = 20\ mm^2 = 20 \times 10^{-6}\ m^2$

তাই বলা যায়, দ্বিতীয় তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক বেশি হওয়ায় দ্বিতীয় তারের ভার নেয়ার সামর্থ্য বেশি।

প্রশ্ন ▸ ৪৬ বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৪

1 m দৈর্ঘ্যের এবং 2 mm ব্যাসের একটি ইস্পাতের তার দৃঢ় অবলম্বন হতে ঝুলানো হলো। পরবতীতে তারটিকে অনুভূমিকভাবে রেখে দুই প্রান্তে দৃঢ়ভাবে আটকানো হলো। $Y = 2 \times 10^{11} N/m^2$।

ক. আকার বিকৃতি কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর অসহ পীড়ন $5.6 \times 10^7\ Nm^{-2}$ বলতে কী বোঝায়? ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে বল প্রয়োগে তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 0.1 cm হলে তারে স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি কত হবে? ৩

ঘ. ২য় ক্ষেত্রে অনুভূমিকভাবে রাখা তারের মধ্যবিন্দুতে ভার চাপিয়ে মধ্যবিন্দু 3 mm নামানো সম্ভব কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

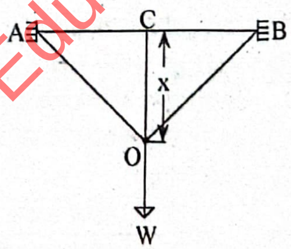
ক বল প্রয়োগে বস্তুর আকার বা আকৃতির একক মাত্রায় যে পরিবর্তন হয় তাকে আকার বিকৃতি বলে।

খ কোনো বস্তুর অসহ পীড়ন $5.6 \times 10^7\ Nm^{-2}$ বলতে বোঝায়, সংশ্লিষ্ট বস্তুর প্রস্থচ্ছেদের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ($1\ m^2$) লম্বভাবে ন্যূনতম 5.6×10^7 N মানের বল প্রয়োগে বস্তুটি স্থায়ীভাবে ভেঙ্গে যায়।

গ ৩৭ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 0.314 J।

ঘ মনে করি, তারটিকে A ও B বিন্দুতে অনুভূমিকভাবে আটকিয়ে মধ্যবিন্দু C তে W ভার চাপানো হলো।



AOC সমকোণী ত্রিভুজ,
AC = তারের অর্ধেক দৈর্ঘ্য = 0.5 m
$OC = x = 3\ mm = 3 \times 10^{-3}\ m$
$\therefore AO = \sqrt{(0.5)^2 + (3 \times 10^{-3})^2} = 0.5000089999\ m$

অর্থাৎ, অর্ধেক তারে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $= (0.5000089999 - 0.5)\ m = 8.99 \times 10^{-6}\ m$

$\therefore$ সম্পূর্ণ তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 2 \times 8.99 \times 10^{-6}\ m = 1.8 \times 10^{-5}\ m$

আমরা জানি, $Y = \frac{FL}{Al}$

বা, $F = \frac{YAl}{L}$

বা, $F = \frac{Y \times \frac{\pi d^2}{4} \times l}{L}$

এখানে,
তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক,
$Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$
তারের ব্যাস, $d = 2\ mm = 2 \times 10^{-3}\ m$
তারের দৈর্ঘ্য, $L = 1\ m$
তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,
$l = 1.8 \times 10^{-5}\ m$

$$= \frac{2 \times 10^{11} \times \frac{\pi (2 \times 10^{-3})^2}{4} \times 1.8 \times 10^{-5}}{1}$$

$\therefore F = 11.31\ N$

অর্থাৎ, তারটির মধ্যবিন্দুতে 11.31 N ভার চাপিয়ে মধ্যবিন্দু 3 mm নিচে নামানো সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৪৭ ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৬

Fe এর তৈরি একটি তারের এক প্রান্ত আটকে উলম্ব বরাবর ঝুলিয়ে অপর প্রান্তে 50 kg ভরের একটি বস্তু চাপিয়ে দিলে তারটির দৈর্ঘ্য 3.565 mm বৃদ্ধি পায়। তারটির দৈর্ঘ্য, ব্যাস এবং উপাদানের পয়সনের অনুপাত যথাক্রমে 1 m, 1 mm এবং 0.35।

ক. পর্যায়বৃত্তিক গতি কী? ১

খ. কোন স্থানের তাপমাত্রা 33°C এবং শিশিরাঙ্ক 23°C বলতে কী বুঝ? ২

গ. তারটির পরিবর্তিত ব্যাস নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তারের উপাদানের ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্ণয় কর এবং তারটির 7% দৈর্ঘ্য বিকৃতির জন্য তারটিতে কী পরিমাণ স্থিতিস্থাপক শক্তি সঞ্চিত হবে উদ্দীপকের তথ্যানুসারে তা নির্ণয় কর। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল কোন বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে তা এর গতিপথের যেকোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে বস্তুকণার সেই গতিই পর্যায়বৃত্তিক গতি।

খ যে তাপমাত্রায় কোনো স্থানে নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তাতে উপস্থিত জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং অতিরিক্ত জলীয়বাষ্প ধারণ করতে পারে না, তাকে শিশিরাঙ্ক বলে।

কোনো স্থানের তাপমাত্রা 33°C এবং শিশিরাঙ্ক 23°C বলতে বুঝায়, ঐ স্থানে 33°C তাপমাত্রায় যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প আছে তা দ্বারা ঐ স্থানের বায়ু অসম্পৃক্ত কিন্তু তাপমাত্রা কমিয়ে 23°C করা হলে ঐ জলীয়বাষ্প দ্বারা ঐ স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হয়ে শিশির জমতে শুরু করবে।

গ আমরা জানি,

পয়সনের অনুপাত, $\sigma = \frac{dL}{Dl}$

বা, $d = \frac{\sigma D l}{L}$

$= \frac{0.35 \times 1 \times 10^{-3} \times 3.565 \times 10^{-3}}{1}$

$= 1.25 \times 10^{-6}\ m$

$= 1.25 \times 10^{-3}\ mm$

পরিবর্তিত ব্যাস, $D' = D - d$

$= (1 - 1.25 \times 10^{-3})\ mm$

$= 0.99875\ mm$ **(Ans.)**

এখানে,
তারটির আদি দৈর্ঘ্য,
$L = 1\ m$
আদিব্যাস, $D = 1\ mm = 1 \times 10^{-3}\ m$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 3.565\ mm = 3.565 \times 10^{-3}\ m$
পয়সনের অনুপাত,
$\sigma = 0.35$
ব্যাসের পরিবর্তন, d = ?

ঘ আমরা জানি,

ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y = \frac{FL}{Al} = \frac{FL}{\pi r^2 L}$

$= \frac{490 \times 1}{3.1416 \times (0.5 \times 10^{-3})^2 \times 3.565 \times 10^{-3}}$

$= 1.75 \times 10^{11}\ N/m^2$

আমরা জানি,
সঞ্চিত স্থিতিস্থাপক শক্তি,

$U = \frac{1}{2} \times \frac{YAl^2}{L}$

$= \frac{1}{2} \times \frac{YA(0.07L)^2}{L}$

$= \frac{1}{2} \times YA \times (0.07)^2 L$

$= \frac{1}{2} \times Y\pi r^2 \times (0.07)^2 L$

$= \frac{1}{2} \times 1.75 \times 10^{11} \times \pi (0.5 \times 10^{-3})^2 \times (0.07)^2 \times 1$

$= 336.74\ J$

এখানে,
তারের দৈর্ঘ্য, $L = 1\ m$
তারের ব্যাস, $d = 1\ mm$
তারের ব্যাসার্ধ,
$r = \frac{d}{2} = \frac{1}{2} = 0.5\ mm = 0.5 \times 10^{-3}\ m$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 3.565\ mm = 3.565 \times 10^{-3}\ m$
বস্তুর ভর, $m = 50\ kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ m/s^2$
প্রযুক্ত বল, $F = mg = (50 \times 9.8)\ N = 490\ N$
ইয়ং এর গুণাঙ্ক, Y = ?
বৃদ্ধি, $l = 7\%\ L = 0.07\ L$
7% বিকৃতির জন্য দৈর্ঘ্য সঞ্চিত স্থিতিস্থাপক শক্তি, U = ?

$\therefore$ তারের উপাদানের ইয়ং এর গুণাংক $1.75 \times 10^{11}\ N/m^2$ এবং তারটির 7% দৈর্ঘ্য বিকৃতির জন্য তারটিতে 336.74 J স্থিতিস্থাপক শক্তি সঞ্চিত হবে।

প্রশ্ন ▶৪৮ বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা ॥ প্রশ্ন নং ৬

[illegible] mm ও 4 mm ব্যাসের ও অভিন্ন দৈর্ঘ্যের দুটি তার একটি দৃঢ় অবলম্বন হতে ঝুলানো হলো। তার দুটিতে অভিন্ন ওজন প্রয়োগ করার ফলে দ্বিতীয় তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি প্রথমটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির এক-তৃতীয়াংশ হলো। দ্বিতীয় তারটির পয়সনের অনুপাত 0.4.

- ক. মহাকর্ষ ধ্রুবক কাকে বলে? ১
- খ. রাবার এবং স্টিলের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. দ্বিতীয় তারটির দৈর্ঘ্য 5% বৃদ্ধি করা হলে ব্যাসার্ধ কতটুকু হ্রাস পাবে নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের তার দুটির মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভর বিশিষ্ট দুটি বস্তু কণা একক দূরত্বে থেকে যে পরিমাণ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে তার সংখ্যাগত মানকে মহাকর্ষ ধ্রুবক বলে।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, সম আকারের স্টিলের টুকরাতে একই বিকৃতি ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ একই ক্ষেত্রফলে রাবারের চেয়ে স্টিলে বিকৃতি প্রতিরোধী বল বেশি উদ্ভূত হয়। তাই রাবারের তুলনায় স্টিলের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি তথা স্টিল বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $\Delta r = 4 \times 10^{-5}$ m = 0.04 mm।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** প্রথম ও দ্বিতীয় তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক যথাক্রমে Y_1 ও Y_2 হলে $\frac{Y_1}{Y_2} = 1.33$

$\therefore Y_1 > Y_2$; অর্থাৎ, প্রথম তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶৪৯ বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা ॥ প্রশ্ন নং ৫

সমান দৈর্ঘ্যের তিনটি তার A, B এবং C তে একই মানের পীড়ন 4×10^{11} Nm^{-2} প্রয়োগের ফলে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি যথাক্রমে 8%, 4% ও 2% হলো। (সংশোধিত)

- ক. স্থিতিস্থাপক সীমা কাকে বলে? ১
- খ. একটি ইস্পাতের তারকে বার বার বাঁকালে উত্তপ্ত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. C তারের দৈর্ঘ্য বিকৃতি নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. কোন তার দিয়ে সবচেয়ে ভালো স্প্রিং তৈরি করা যাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রযুক্ত বলের যে সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তুর ন্যায় আচরণ করে, অর্থাৎ হুকের সূত্র মেনে চলে তাকে ঐ বস্তুর স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

খ প্রতিবার বাঁকানোর সময় ইস্পাতের তারের অভ্যন্তরে স্থিতিস্থাপক বিকৃতি ঘটে, যার ফলে এতে স্থিতিস্থাপক শক্তি সঞ্চিত হয়। যখন বিকৃতিকারক বল সরিয়ে ফেলা হয়, তখন তারটি আগের অবস্থায় ফিরে যাওয়ার চেষ্টা করে এবং এতে সঞ্চিত শক্তি পুনরায় মুক্তি পায়। তবে এই শক্তির একটি অংশ তাপে রূপান্তরিত হয়।
ফলে, প্রতিবার বাঁকানোর পর কিছু পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হয়, যা ধীরে ধীরে ইস্পাতের তারটিকে উত্তপ্ত করে।

গ ১৮(গ) সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $Y_A = 5 \times 10^{12}$ Nm^{-2}, $Y_B = 10^{13}$ Nm^{-2}, $Y_C = 2 \times 10^{13}$ Nm^{-2}।

$\therefore Y_C > Y_B > Y_A$, সুতরাং, C তার দিয়ে সবচেয়ে ভালো স্প্রিং তৈরি করা যাবে।

প্রশ্ন ▶৫০ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ৫

অনুপ 4 mm ও 3 mm ব্যাসের একই দৈর্ঘ্যের দুটি তার নিয়ে তার দুটিতে 4×10^3 N মানের বল প্রয়োগ করে। এতে তারদ্বয়ের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 3% ও 2% বৃদ্ধি পায়।

- ক. স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কাকে বলে? ১
- খ. একটি তার টান টান করা অবস্থায় ছেড়া হলে, তারটি উত্তপ্ত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. ১ম তারের একক আয়তনে সঞ্চিত স্থিতিশক্তি হিসাব করো। ৩
- ঘ. কোন তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুতে বা তারে অনেকক্ষণ ধরে পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধি করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্মের অবনতি ঘটে। তখন অসহ ভার অপেক্ষা কম ভারে বস্তুটি বা তারটি ছিঁড়ে যেতে পারে। বস্তু বা তারের এ অবস্থাকে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি বলে।

খ আমরা জানি, কোন বস্তুকে টানা হলে স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম না করা পর্যন্ত দৈর্ঘ্য প্রসারণ ঘটে।
দৈর্ঘ্য প্রসারণের সাথে তাপমাত্রার সম্পর্কটি হলো:, $\Delta l = L_0 \alpha \Delta\theta$
যেখানে, Δl = দৈর্ঘ্য পরিবর্তন, α = দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\Delta\theta$ = তাপমাত্রার পরিবর্তন।

এক্ষেত্রে, $\Delta l \propto \Delta\theta$।
অর্থাৎ, একটি তার টান টান করা অবস্থায় ছেঁড়া হলে, তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণের কারণে তাপমাত্রায় পরিবর্তন ঘটে ফলে তারটি উত্তপ্ত হয়।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4.78×10^6 J/m^3।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $Y_2 = 2.67\ Y_1$, অর্থাৎ, ২য় তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶৫১ আইডিয়াল কলেজ ধানমন্ডি, ঢাকা ॥ প্রশ্ন নং ৪

3 m দৈর্ঘ্য ও 0.4 mm ব্যাসার্ধের একটি ইস্পাত এবং একটি সীসার তারের শেষ প্রান্তে 30 kg ভর ঝুলালে তারদ্বয়ের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় যথাক্রমে 0.024 m এবং 0.225 m। এতে ইস্পাত তারের ব্যাসার্ধ 6.65 × 10^{-4} mm হ্রাস পেল।

- ক. হুকের সূত্রটি লিখ। ১
- খ. তাপমাত্রা বাড়লে স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের মান কমে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. ইস্পাতের তারের পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের তারদ্বয়ের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

খ কঠিন পদার্থের অণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণ বলের দরুন স্থিতিস্থাপকতার উদ্ভব হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অণুগুলোর মাঝের দূরত্ব অনেক বেড়ে যায়। দূরত্ব অনেকখানি বেড়ে গেলে এদের মধ্যকার আকর্ষণ বল অনেক কমে যায়। অর্থাৎ, তাপমাত্রা বেড়ে গেলে অণুগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ-বিকর্ষণ সাম্যাবস্থা বিঘ্নিত হয়। তাই তাপমাত্রা বাড়লে কঠিন পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা কমে যায়। অর্থাৎ, স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের মান কমে যায়।

গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.207।

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ইস্পাত ও সীসার তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক যথাক্রমে 7.31×10^{10} Nm^{-2} এবং 7.79×10^9 Nm^{-2}। অর্থাৎ ইস্পাতের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্কের মান বেশি। তাই এটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ৫২ শহীদ পুলিশ স্মৃতি কলেজ, ঢাকা ‖ প্রশ্ন নং ৬

M এবং N তারের বিভিন্ন রাশির মান নিম্নের ছকে দেওয়া হলো:

তার	দৈর্ঘ্য L(m)	ব্যাসার্ধ r(mm)	বল F(N)	দৈর্ঘ্য প্রসারণ l(mm)	ব্যাস হ্রাস d(mm)
M	0.82	0.5	5	7	0.005
N	0.75	0.6	6	8	0.01

ক. স্থিতিস্থাপকতা কাকে বলে? ১
খ. তামার তারের পয়সনের অনুপাত 0.33 বলতে কী বুঝায়? ২
গ. M তারের পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩
ঘ. M ও N তারের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য, আকার বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটানোর পর বল অপসারণ করা মাত্রই বস্তুটির পূর্বাবস্থায় ফিরে আসার ধর্মকে স্থিতিস্থাপকতা বলে।

খ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। একে পয়সনের অনুপাত বলে। তামার তারের পয়সনের অনুপাত 0.33 বলতে বুঝায় স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে তামার তারের পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত সবসময় 0.33 হবে।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.59।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** M তারের স্থিতিস্থাপক গুণাংক N তারের স্থিতিস্থাপক গুণাংকের 1.5 গুণ। সুতরাং M তার বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ৫৩ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর ‖ প্রশ্ন নং ৬

তার	আদি দৈর্ঘ্য	দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি l	ব্যাস D	ব্যাস হ্রাস D
	L(m)	$(x10^{-3}m)$	$(x10^{-3}m)$	$(x10^{-6}m)$
P	1	0.14	2	0.0418
Q	1	0.18	2	0.0593
R	1	0.22	2	0.0912
S	1	0.24	2	0.0967

তার চারটিতে বল যথাক্রমে 10 N, 12 N, 13 N এবং 15 N.

ক. সংনম্যতা কী? ১
খ. দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিলে দোলনকাল ব্যাখ্যা করো। ২
গ. R তারের পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩
ঘ. P, Q ও S তার তিনটির মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নের অনুপাতই সংনম্যতা।

খ আমরা জানি, কোনো সরল দোলকের দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
এখানে, দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। সুতরাং, দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত অবস্থায় g এর মান কমলে T বাড়বে এবং g এর মান বাড়লে T কমবে। পৃথিবীর কেন্দ্রে $g = 0$।
যদি $g = 0$ হয়, তাহলে $T = \infty$ হবে।
অর্থাৎ, দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিলে দোলনকাল অসীম হবে।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\sigma = 0.207$।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $Y_P = 2.27 \times 10^{10}$ Nm^{-2};
$Y_Q = 2.12 \times 10^{10}$ Nm^{-2} এবং $Y_S = 1.99 \times 10^{10}$ Nm^{-2}।
$\therefore Y_P > Y_Q > Y_S$
তাই, তার তিনটির মধ্যে P তারটি বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ‖ প্রশ্ন নং ২

A ও B দুটি ইস্পাতের তার। B তারের দৈর্ঘ্য A তারের দ্বিগুণ এবং B তারের ব্যাসার্ধ A তারের অর্ধেক। B তারের দৈর্ঘ্য 2 m, ব্যাস 0.5 mm এবং অসহ ভার 1000 N। ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক 2×10^{11} Nm^{-2}।

ক. পীড়ন কাকে বলে? ১
খ. স্থিতিস্থাপক সীমা বলতে কী বোঝায়? ২
গ. B তারের সর্বোচ্চ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তার দুটিতে সমান ভর (m = 5 kg) ঝুলানোর ফলে একক আয়তনে কৃতকাজের তুলনামূলক বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাইরে থেকে বল প্রয়োগের ফলে কোনো বস্তুর আকার বা দৈর্ঘ্য বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটলে স্থিতিস্থাপকতার জন্য বস্তুর ভেতর থেকে এ বলকে বাধাদানকারী একটি বলের উদ্ভব হয়। বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের ওপর লম্বভাবে উদ্ভূত এ বিকৃতি প্রতিরোধকারী বলের মানকে পীড়ন বলে।

খ সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে অপসারণ করলে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়, বলের সেই মানকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে। স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম করলে স্থিতিস্থাপক ধর্ম অনেকাংশ হ্রাস পায়। তখন বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুর বিকৃতি ঘটালে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বের অবস্থায় ফিরে যায় না এবং বস্তুটির স্থায়ী বিকৃতি ঘটে।

গ ২৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5.093 cm।

ঘ আমরা জানি,
একক আয়তনে কৃতকাজ,

$U = \frac{1}{2} \times$ পীড়ন $\times$ বিকৃতি

$$= \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{l}{L} \text{ .... (i)}$$

আবার, $Y = \frac{FL}{Al}$

বা, $Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{l}{L}}$

বা, $\frac{l}{L} = \frac{F}{AY}$

$\therefore$ (i) থেকে পাই, $U = \frac{1}{2} \times \frac{F}{A} \times \frac{F}{AY}$

বা, $U = \frac{1}{2} \times \frac{F^2}{A^2Y}$

এখানে,
B তারের ক্ষেত্রে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_B = 2$ m
ব্যাসার্ধ, $r_B = \frac{0.5}{2}$ mm
$= 0.25$ mm $= 0.25 \times 10^{-3}$ m
A তারের ক্ষেত্রে,
আদি দৈর্ঘ্য, $L_A = \frac{L_B}{2} = \frac{2}{2} = 1$m
ব্যাসার্ধ, $r_A = 2r_B$
$= 2 \times 0.25 \times 10^{-3}$ m
$= 0.5 \times 10^{-3}$ m
A ও B উভয় তার ইস্পাতের, তাই ইয়ং গুণাঙ্ক
$Y = 2 \times 10^{11}$ Nm^{-2}
ভর, m = 5 kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
উভয় তারে প্রযুক্ত বল,
$F = mg = (5 \times 9.8)$ N $= 49$N

$$\therefore \text{ A তারের ক্ষেত্রে, } U_A = \frac{F^2}{2A_A^2Y} \text{ .... (ii)}$$

$$\text{B তারের ক্ষেত্রে, } U_B = \frac{F^2}{2A_B^2Y} \text{ .... (iii)}$$

(ii) ÷ (iii) করে পাই,

$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{\frac{F^2}{2A_A^2Y}}{\frac{F^2}{2A_B^2Y}} = \frac{A_B^2}{A_A^2} = \frac{(\pi r_B^2)^2}{(\pi r_A^2)^2} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^4 = \left(\frac{0.25 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-3}}\right)^4 = \frac{1}{16}$$

$$\therefore \frac{U_A}{U_B} = \frac{1}{16} \text{ বা, } U_B = 16U_A$$

সুতরাং বলা যায়, তার দুটিতে সমান ভর ঝুলানোর ফলে B তারের একক আয়তনে কৃতকাজ A তারের 16 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ ঘাটাইল ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, টাঙ্গাইল ▌প্রশ্ন নং ৮

A ও B দুটি তারের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 0.80 m ও 0.75 m এবং ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 0.5 mm ও 0.6 mm। দুটি তারের উপর যথাক্রমে 5 N ও 6 N বল প্রয়োগ করায় এদের দৈর্ঘ্য প্রসারণ যথাক্রমে 7 mm ও 8 mm এবং ব্যাসের হ্রাস যথাক্রমে 0.005 mm ও 0.01 mm হয়।

ক. অসহ পীড়ন কী? ১

খ. যে কোন দুই প্রকার স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের মধ্য পার্থক্য লিখ। ২

গ. A তারের পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B দুটি তারের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভার বা অসহ ওজনই অসহ পীড়ন।

খ দৈর্ঘ্য গুণাঙ্ক ও আয়তন গুণাঙ্কের মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো:

বৈশিষ্ট্য	দৈর্ঘ্য গুণাঙ্ক	আয়তন গুণাঙ্ক
সংজ্ঞা	স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোন বস্তুর দৈর্ঘ্য পীড়ন ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে দৈর্ঘ্য গুণাঙ্ক বলে।	স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোন বস্তুর আয়তন পীড়ন ও আয়তন বিকৃতির অনুপাতকে আয়তন গুণাঙ্ক বলে।
সূত্র	$Y = \frac{\sigma}{\epsilon}$ σ = দৈর্ঘ্য পীড়ন ϵ = দৈর্ঘ্য বিকৃতি	$K = \frac{PV}{\Delta V}$ P = চাপ, V = আদি আয়তন, ΔV = আয়তনের পরিবর্তন
প্রযোজ্যতা	কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য	কঠিন, তরল ও গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৫

দুটি সমান দৈর্ঘ্যের ইস্পাত ও তামার তারের ব্যাস যথাক্রমে 1 mm এবং 4 mm। উভয় তারের নিচে একই ভর চাপানো হলে ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি তামার তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির 4 গুণ হয়। ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 15% এবং ইয়ং এর গুণাংক 2×10^{11} Nm^{-2}।

ক. পয়সনের অনুপাত কী? ১

খ. কঠিন পদার্থের আন্তঃআণবিক দূরত্বের সাথে আন্তঃআণবিক বলের পরিবর্তন লেখচিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। ২

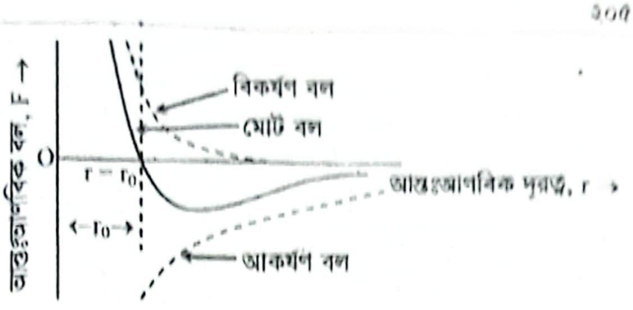
গ. ইস্পাতের তারে কত ভর ঝুলানো হয়েছিল? ৩

ঘ. কোন তারটি বেশি দৃঢ়? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতই ঐ বস্তুর পয়সনের অনুপাত।

খ কঠিন পদার্থের আন্তঃআণবিক বলের সাথে আন্তঃআণবিক দূরত্বের সম্পর্ক: স্বাভাবিক অবস্থায় অণুসমূহের উপর নিট বল শূন্য বলে এরা $r = r_0$ দূরত্বে সাম্যাবস্থায় থাকে। আন্তঃআণবিক দূরত্ব হ্রাস পেলে পদার্থের অণুগুলো একে অপরকে আকর্ষণ করে অর্থাৎ বল আকর্ষণধর্মী হয়। আবার আন্তঃআণবিক দূরত্ব বৃদ্ধি পেলে অণুসমূহ পরস্পরকে বিকর্ষণ করা শুরু করে অর্থাৎ বল বিকর্ষণধর্মী হয়। নিচে কঠিন পদার্থের আন্তঃআণবিক দূরত্বের সাথে আন্তঃআণবিক বলের পরিবর্তনের লেখচিত্র দেওয়া হলো-



গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2404.3 kg।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $Y_i = 4\,Y_c$; $\therefore Y_i > Y_c$ অর্থাৎ, ইস্পাতের তারটি বেশি দৃঢ়।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৫

পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে 4 m দৈর্ঘ্য এবং 0.4 mm ব্যাসের একটি ইস্পাতের এবং আরেকটি সীসার তারের শেষ প্রান্তে পর্যায়ক্রমে 15 kg ভর ঝুলিয়ে দেওয়ার পর উভয় তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি যথাক্রমে 0.046 m ও 0.083 m বৃদ্ধি পায়। ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক 2×10^{11} Nm^{-2}।

ক. পূর্ণ দৃঢ় বস্তু কাকে বলে? ১

খ. আয়তন গুণাঙ্ক ও সংনম্যতার মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করো। ২

গ. প্রসারিত অবস্থায় ইস্পাতের তারটির মধ্যে সঞ্চিত স্থিতিস্থাপক বিভব শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে কোন তারটির ভার নেওয়ার সামর্থ্য বেশি, গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো মানের বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর আকার বা আকৃতির পরিবর্তন না হলে তাকে পূর্ণ দৃঢ় বস্তু বলে।

খ আয়তন গুণাঙ্ক ও সংনম্যতার মধ্যে পার্থক্য:

বৈশিষ্ট্য	আয়তন গুণাঙ্ক	সংনম্যতা
সংজ্ঞা ও প্রকৃতি	এটি পদার্থের দৃঢ়তা এবং চাপের অধীনে আয়তনের পরিবর্তন প্রতিরোধ করার ক্ষমতার পরিমাপ। কঠিন পদার্থের আয়তন গুণাঙ্কের মান বেশি হয়।	সংনম্যতা হলো আয়তন গুণাঙ্কের বিপরীত, যা পদার্থের সহজে সংকুচিত হওয়ার পরিমাপ। গ্যাসের সংনম্যতাতার মান বেশি হয়।
একক	আয়তন গুণাঙ্কের একক Pa।	সংনম্যতার একক Pa^{-1} বা m^2N^{-1}।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.381 J (প্রায়)।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $Y_{steel} = 20 \times 10^{10}$ Nm^{-2}, $Y_{lead} = 5.64 \times 10^{10}$ Nm^{-2}

$\because Y_{steel} > Y_{lead}$, সেহেতু ইস্পাতের তারটির ভার নেওয়ার সামর্থ্য বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

2m দৈর্ঘ্যের দুটি তারের ব্যাস যথাক্রমে 2 mm ও 3 mm। তার দুটির প্রত্যেকটিতে 7×10^3 N বল প্রয়োগ করা হলে এদের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 5% ও 2% বৃদ্ধি পেল।

ক. ডাইভারজেন্স কাকে বলে? ১

খ. ইস্পাত রাবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম তারটির একক আয়তনে সঞ্চিত স্থিতিস্থাপক শক্তির মান বের করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন তারটির স্থিতিস্থাপকতা বেশি? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত প্রদান করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে একটি ভেক্টর ক্ষেত্র যেভাবে সংকুচিত বা প্রসারিত হয় তার পরিমাপকে ডাইভারজেন্স বলে।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে বল প্রয়োগ করতে হয়, সম আকারের ইস্পাতের টুকরাতে একই বিকৃতি ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ একই ক্ষেত্রফলে রাবারের চেয়ে ইস্পাতে বেশি বিকৃতি প্রতিরোধী বল উদ্ভূত হয়। তাই রাবারের তুলনায় ইস্পাতের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি তথা ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া ▌ প্রশ্ন নং ৫

পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে 3 mm^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, 1.5 m লম্বা ও 2.5 mm ব্যাসের একটি ইস্পাতের তার একটি দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলানো আছে। পুনরায় তারটিকে অনুভূমিকভাবে রেখে দুই প্রান্তে দৃঢ়ভাবে আটকানো হলো। ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y = 2 \times 10^{12}$ dyne cm^{-2} ও পয়সনের অনুপাত $\sigma = 0.30$।

ক. দৃঢ়তার গুণাঙ্ক কাকে বলে? ১
খ. পয়সনের অনুপাত সর্বদাই ধনাত্মক হয় কিনা- ব্যাখ্যা করো। ২
গ. তারে বল প্রয়োগে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 0.30 cm হলে ব্যাস কতটুকু হ্রাস পাবে? ৩
ঘ. অনুভূমিকভাবে রাখা তারে ভার চাপিয়ে এর মধ্যবিন্দুটি 0.35 cm নামানো সম্ভব কিনা– গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর ব্যবর্তন পীড়ন ও ব্যবর্তন বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা, এই ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের দৃঢ়তার গুণাঙ্ক বলে।

খ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব রাশি। এই ধ্রুব রাশিকে বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত বলে।

পয়সনের অনুপাত, $\sigma = -\frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = -\frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta L}{L}} = -\frac{L\Delta r}{r\Delta L}$

এখন আমরা জানি, যেকোনো বল প্রয়োগে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করলে ব্যাস হ্রাস পায় এবং ব্যাস বৃদ্ধি করলে দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়। অর্থাৎ, ΔL ধনাত্মক হলে Δr ঋণাত্মক হয়, আবার ΔL ঋণাত্মক হলে Δr ধনাত্মক হয়। তাই, বাস্তব ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাক বা ব্যাস বৃদ্ধি পাক পয়সনের অনুপাত সব সময় ধনাত্মক হয়।

এজন্য, σ এর মান ঋণাত্মক হওয়া সম্ভব না। σ এর বাস্তব মানের সীমা, $0 < \sigma < \frac{1}{2}$।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 1.5×10^{-6} m

ঘ ৪৬ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: তারটিতে 0.665 kg ভর চাপিয়ে মধ্যবিন্দুটি 0.35 cm নিচে নামানো সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৬০ কাদিরাবাদ ক্যান্টনমেন্ট স্যাপার কলেজ, নাটোর ▌ প্রশ্ন নং ৫

3 m দৈর্ঘ্যের দুটি তারের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 2 mm ও 3 mm। তার দুটির প্রত্যেকটিতে 7800 N বল প্রয়োগ করা হলে এদের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 9% ও 4% বৃদ্ধি পেল।

ক. হুকের সূত্রটি বিবৃত করো। ১
খ. পয়সনের অনুপাতের ঋণাত্মক হওয়া সম্ভব কি-না? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের ১ম তারটির সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন তারটি অধিক ভার বহনে সক্ষম? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক

খ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব রাশি। এই ধ্রুব রাশিকে বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত বলে। পয়সনের অনুপাত, $\sigma = -\frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = -\frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta L}{L}} = -\frac{L\Delta r}{r\Delta L}$

এখন আমরা জানি, যেকোনো বল প্রয়োগে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করলে ব্যাস হ্রাস পায় এবং ব্যাস বৃদ্ধি করলে দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়। অর্থাৎ ΔL ধনাত্মক হলে Δr ঋণাত্মক হয় আবার, ΔL ঋণাত্মক হলে Δr ধনাত্মক হয়। তাই, বাস্তব ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাক বা ব্যাস বৃদ্ধি পাক পয়সনের অনুপাত সব সময় ধনাত্মক হয়।

অর্থাৎ, σ এর মান ঋণাত্মক হওয়া সম্ভব না।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1053 J।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** উদ্দীপকের তার দুটির স্থিতিস্থাপক গুণাংক সমান। তাই দুটি তারই সমান ভার বহনে সক্ষম

প্রশ্ন ▶ ৬১ দিনাজপুর সরকারি কলেজ ▌ প্রশ্ন নং

বাদল ল্যাবে 100 cm দৈর্ঘ্যের দুটি তার A ও B-তে ($r_A : r_B = 2:3$, $\sigma_A = 0.33$, $\sigma_B = 0.35$) সমান বল প্রয়োগ করার পর জানলো $l_B = 1$ cm ও $Y_A : Y_B = 45 : 16$। হিসাব শেষে বাদল বললো এখন $\Delta r_A : \Delta r_B = 1:2$ (প্রায়) হবে। (যেখানে চিহ্নগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

ক. পয়সনের অনুপাত কাকে বলে? ১
খ. ভরকেন্দ্র ও ভারকেন্দ্র একই কিনা– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. l_A এর মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বাদলের মন্তব্যের যৌক্তিকতা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে পয়সনের অনুপাত বলে।

খ বস্তুর সমস্ত কণাগুলোর ওপর এদের ভরের সমাণুপাতিক সমান্তরাল বল ক্রিয়া করলে বলগুলোর লব্ধি সর্বদা যে বিন্দুতে ক্রিয়া করে সে বিন্দুকে এর ভরকেন্দ্র বলা হয়। অপর দিকে, বস্তুটিকে যেকোনো অবস্থানেই রাখা হোক না কেন এবং অভ্যন্তরস্থ যে নির্দিষ্ট বিন্দু দিয়ে সর্বদা এর ওজন ক্রিয়া করে তাকে বস্তুটির ভারকেন্দ্র বলে। বস্তুর মধ্যে ভরকেন্দ্র সর্বদাই অবস্থান করে যেকোনো অবস্থায় ও অবস্থানে, আর বস্তু কোনো অভিকর্ষ বা মহাকর্ষ ক্ষেত্রের আওতায় থাকলেই কেবল এর ভারকেন্দ্রের অস্তিত্ব থাকে। অতএব ভরকেন্দ্র ও ভারকেন্দ্র একই নয়

গ আমরা জানি,

ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y = \frac{FL}{Al}$

A ও B তারের ইয়ং এর গুণাঙ্কের অনুপাত,

$$\frac{Y_A}{Y_B} = \frac{\frac{F_A L_A}{A_A l_A}}{\frac{F_B L_B}{A_B l_B}} = \frac{F_A L_A \times A_B l_B}{A_A l_A \times F_B L_B}$$

বা, $\frac{45}{16} = \frac{F \times 1 \times \pi r_B^2 l_B}{\pi r_A^2 l_A \times F \times 1} = \frac{r_B^2 l_B}{r_A^2 l_A}$

বা, $\frac{45}{16} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 \times \frac{0.01}{l_A}$

বা, $l_A = 8 \times 10^{-3}$ m
$= 8$ mm **(Ans.)**

এখানে,
A ও B তারের দৈর্ঘ্য,
$L_A = L_B = 100$ cm $= 1$ m
$\frac{r_A}{r_B} = \frac{2}{3}$ বা, $\frac{r_B}{r_A} = \frac{3}{2}$
$l_B = 1$ cm $= 0.01$ m
$\frac{Y_A}{Y_B} = \frac{45}{16}$
প্রযুক্ত বল, $F_A = F_B = F$
$l_A = ?$

ঘ আমরা জানি,

পয়সনের অনুপাত, $\sigma = \frac{\Delta r/r}{\Delta l/L} = \frac{\Delta r L}{r \Delta l}$

A ও B তারের পয়সনের অনুপাতের তুলনা করে পাই,

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{\Delta r_A L_A}{\Delta l_A r_A} \times \frac{\Delta l_B r_B}{\Delta r_B L_B}$$

$$\text{বা, } \frac{0.33}{0.35} = \frac{\Delta r_A}{\Delta r_B} \times \frac{L_A \times \Delta l_B}{L_B \times \Delta l_A} \times \frac{r_B}{r_A}$$

$$\text{বা, } \frac{0.33}{0.35} = \frac{\Delta r_A}{\Delta r_B} \times \frac{1 \times 0.01}{1 \times 8 \times 10^{-3}} \times \frac{3}{2}$$

$$\text{বা, } \frac{\Delta r_A}{\Delta r_B} = \frac{0.33 \times 1 \times 8 \times 10^{-3} \times 2}{0.35 \times 1 \times 0.01 \times 3}$$

$$= 0.502$$

$$= \frac{1}{2} \text{ (প্রায়)}$$

এখানে,

A ও B তারের ক্ষেত্রে,

$\sigma_A = 0.33$

$\sigma_B = 0.35$

$\frac{r_A}{r_B} = \frac{2}{3}$ বা, $\frac{r_B}{r_A} = \frac{3}{2}$

$L_A = L_B = 100$ cm $= 1$ m

$\Delta l_B = 1$ cm $= 0.01$ m

$\Delta l_A = 8 \times 10^{-3}$ m ('গ' হতে)

$\frac{\Delta r_A}{\Delta r_B} = ?$

অতএব, বাদলের মন্তব্য যৌক্তিক ছিলো।

প্রশ্ন ▶ ৬২ সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা ▮ প্রশ্ন নং ৬

10 cm বাহু বিশিষ্ট একটি ইস্পাতের তৈরি ঘনকের উপরিতলে 2.48×10^7 N আকার পীড়ন সৃষ্টিকারী স্পর্শক বল প্রয়োগ করলে বিপরীত স্থির তলে সাপেক্ষে তলটির 2.95 mm সরণ ঘটে। অপরদিকে 3 cm বাহু বিশিষ্ট একটি অ্যালুমিনিয়াম ঘনকের বিপরীত তলে সমান ও বিপরীত স্পর্শকীয় বল প্রয়োগে তলের কৌণিক সরণ হয় 0.01°। অ্যালুমিনিয়ামের আকার গুণাঙ্ক 2.6×10^{10} Nm^{-2}।

ক. টর্ক কাকে বলে? ১

খ. কোন স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 85% বলতে কী বুঝ— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. অ্যালুমিনিয়ামের ঘনকের উপর প্রযুক্ত বলের পরিমাণ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন উপাদানের তৈরি ঘনকের দৃঢ়তা বেশি। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 85% বলতে বোঝায়, বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প প্রয়োজন তার শতকরা 85 ভাগ জলীয় বাষ্প ঐ স্থানের বায়ুতে আছে।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম ▮ প্রশ্ন নং ৫

তার	দৈর্ঘ্য (m)	প্রযুক্ত বল (N)	দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি (mm)	ব্যাস (mm)
A	0.805	49	2.6	1
B	3	19.6	0.294	1.13

ক. পয়সনের অনুপাত কাকে বলে? ১

খ. তারের সম্প্রসারণে বিভবশক্তি সঞ্চিত হয় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A তারের ইয়ং এর গুণাংক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তার দুটির দৈর্ঘ্য সমপরিমাণ বৃদ্ধির জন্য B তারে প্রযুক্ত বলের কিরূপ পরিবর্তন করতে হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে পয়সনের অনুপাত বলে।

খ বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুকে বিকৃত করলে কিছু কাজ করতে হয় এবং ঐ কাজ বস্তুতে বিভব শক্তিরূপে সঞ্চিত থাকে। স্থিতিস্থাপকতার কারণে বস্তু প্রত্যাবর্তী বল দ্বারা তার বিকৃতির বিরুদ্ধে বাধা দেয়। তাই কোনো বস্তুকে বিকৃত করতে বলকে এ বাধার বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। এ কৃতকাজ তার মধ্যে সঞ্চিত শক্তিকে স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি বলে। সুতরাং একটি তারের সম্প্রসারণে স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি সঞ্চিত হয় যার মান $= \frac{1}{2} \times$ প্রযুক্ত বল $\times$ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি।

গ আমরা জানি,

ইয়ং এর গুণাংক, $Y = \frac{FL}{Al} = \frac{FL}{\pi r^2 l}$

$$\text{বা, } Y = \frac{49 \times 0.805}{\pi(0.5 \times 10^{-3})^2 \times 2.6 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.93 \times 10^{10} \text{ Nm}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

A তারের দৈর্ঘ্য,

$L = 0.805$ m

প্রযুক্ত বল, $F = 49$ N

ব্যাস, $D = 1$ mm

ব্যাসার্ধ, $r = \frac{D}{2} = \frac{1}{2} = 0.5$ mm $= 0.5 \times 10^{-3}$ m

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 2.6$ mm $= 2.6 \times 10^{-3}$ m

ঘ আমরা জানি,

B তারের ইয়ং এর গুণাংক,

$Y = \frac{FL}{Al}$

যেহেতু তারের ইয়ং এর গুণাংকের মান ধ্রুবক তাই B তারের ক্ষেত্রে,

$$\frac{F_1L_1}{A_1l_1} = \frac{F_2L_2}{A_2l_2}$$

$$\text{বা, } F_2 = F_1 \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{l_2}{l_1}$$

$$= F_1 \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{l_2}{l_1}$$

$$= F_1 \times \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2 \times \frac{l_2}{l_1}$$

$$= 19.6 \times \left(\frac{3}{3}\right)^2 \times \frac{2.6 \times 10^{-3}}{0.194 \times 10^{-3}}$$

$$= 173.33 \text{ N}$$

এখানে,

B তারের ক্ষেত্রে,

দৈর্ঘ্য, $L_1 = 3$ m

ব্যাস, $D = 1.13$ mm

ক্ষেত্রফল, A_1

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = 0.294$ mm $= 0.29 \times 10^{-3}$ m

প্রযুক্ত বল, $F_1 = 19.6$ N

ইয়ং এর গুণাংক, $Y = ?$

আয়তন, $V = A_1L_1 = A_2L_2$

বা, $\frac{L_1}{L_2} = \frac{A_2}{A_1}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_2 = 2.6$ mm $= 2.6 \times 10^{-3}$ g

প্রযুক্ত বল, $F_2 = ?$

দৈর্ঘ্য, $L_2 = L_1 = 3$ m

অতএব, তার দুইটির দৈর্ঘ্য সমান পরিমাণ বাড়াতে B তারে আরো (173.33 – 19.6) N = 153.73 N বল বেশি প্রয়োগ করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ সিএমপি স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম ▮ প্রশ্ন নং ৫

একটি পরীক্ষণে 1 cm এবং 3 cm ব্যাসার্ধের ভিন্ন উপাদানের দুটি তার একটি দৃঢ় অবলম্বন হতে ঝুলানো হলো। তারদ্বয়ের দৈর্ঘ্য অভিন্ন। তার দুটিতে একই ভর ঝুলানোতে ১ম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ২য় তারের দ্বিগুণ হলো। ২য় তারের পয়সনের অনুপাত 0.4।

ক. পীড়ন কী? ১

খ. তামার ইয়ং এর গুণাংক 12.6×10^{10} Nm^{-2} বলতে কী বোঝ? ২

গ. ২য় তারের দৈর্ঘ্য 15% বাড়ালে এর ব্যাসার্ধ কতটুকু হ্রাস পাবে? ৩

ঘ. কোন তার বেশি ভার বহনে সক্ষম? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিকারগ্রস্ত কোন বস্তুর অভ্যন্তরে প্রতি একক ক্ষেত্রফলের ওপর লম্বভাবে উদ্ভূত বিকৃতির বিরুদ্ধে যে প্রত্যয়নী বলের উদ্ভব হয়, তাই পীড়ন।

খ তামার ইয়ং এর গুণাংক 12.6×10^{10} Nm^{-2} বলতে বুঝায়, 1 m দৈর্ঘ্য এবং 1 m^2 প্রস্থচ্ছেদের তামার তৈরি কোনো তারের দৈর্ঘ্য বরাবর 12.6×10^{10} N বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 6%।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ১ম তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক ২য় তারের ইয়ং গুণাঙ্কের 4.5 গুণ। তাই ১ম তার বেশি ভার বহনে সক্ষম।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট I প্রশ্ন নং ৬

একটি তারের দৈর্ঘ্য 2 m এবং ব্যাস 5 mm. তারটির নিচের প্রান্তে 6 kg ভর ঝুলালে তারটির দৈর্ঘ্য 6 mm বৃদ্ধি পায় এবং ব্যাস 0.003 হ্রাস পায়। উল্লেখ্য যে, ইস্পাতের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক 2×10^{11} Pa.

ক. সেকেন্ড দোলক কাকে বলে? ১
খ. পদ্মা সেতুর পিলার কোন ধরনের পর্যায়বৃত্তিক? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. তারটির পয়সনের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তারটি ইস্পাতের তৈরি কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ কোন ঘটনার বা বিন্যাসের বা বস্তুর যদি নির্দিষ্ট দূরত্ব পরপর পুনরাবৃত্তি ঘটে তবে তাকে স্থানিক পর্যায়বৃত্তি বলে। পদ্মা সেতুতে ১৫০ মিটার পরপর বিয়াল্লিশটা পিলার রয়েছে। অর্থাৎ, পিলারগুলো নির্দিষ্ট দূরত্ব পর পর অবস্থান করছে। তাই পদ্মা সেতুর পিলারগুলো মূলত স্থানিক পর্যায়বৃত্তিক।

গ আমরা জানি,

$$\sigma = \frac{dL}{Dl}$$

$$= \frac{3 \times 10^{-6} \times 2}{5 \times 10^{-3} \times 6 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.2 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
তারটির আদি দৈর্ঘ্য, $L = 2$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 6 \text{ mm} = 6 \times 10^{-3}$ m
ব্যাস, $D = 5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-3}$ m
ব্যাস হ্রাস, $d = 0.003 \text{ mm} = 3 \times 10^{-6}$ m
পয়সনের অনুপাত, $\sigma = ?$

ঘ আমরা জানি,
তারের ইয়ং গুণাঙ্ক,

$$Y = \frac{FL}{Al} = \frac{mgL}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 \times l}$$

$$= \frac{6 \times 9.8 \times 2}{\pi\left(\frac{5 \times 10-3}{2}\right)^2 \times 6 \times 10^{-3}}$$

$$= 9.987 \times 10^8 \text{ Pa}$$

এখানে,
তারের দৈর্ঘ্য, $L = 2$ m
ব্যাস, $D = 5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-3}$ m
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = 6 \text{ mm} = 6 \times 10^{-3}$ m
ভর, $m = 6$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

যেহেতু ইস্পাতের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক 2×10^{11} Pa। তাই উক্ত তারটি ইস্পাতের তৈরি নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ যশোর শিক্ষা বোর্ড মডেল স্কুল এন্ড কলেজ I প্রশ্ন নং ৪

দুটি তারের দৈর্ঘ্য সমান কিন্তু ব্যাস যথাক্রমে 2 mm ও 5 mm। তার দুটিকে সমান বলে টানলে প্রথম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির 2 গুণ হয়। প্রথম তারের পয়সনের অনুপাত 0.5।

ক. পয়সনের অনুপাত কী? ১
খ. সমান ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হলে তারা বেগ বিনিময় করে– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. যখন প্রথম তারের 10% দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ঘটে তখন তারের ব্যাসের কতটুকু হ্রাস পায়– নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের তার দুটির মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক- গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতই ঐ বস্তুর পয়সনের অনুপাত।

খ স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে,

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} u_2$$

এবং $v_2 = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \times u_2 + \frac{2m_1}{m_1 + m_2} u_1$

বস্তু দুটির ভর যদি সমান হয়, অর্থাৎ $m_1 = m_2$ হয় তবে,

$v_1 = 0 \times u_1 + \frac{2m_1}{2m_1} u_2 = u_2$ এবং $v_2 = 0 \times u_2 + \frac{2m_1}{2m_1} u_1 = u_1$ হবে।

অর্থাৎ ১ম বস্তুর শেষবেগ ২য় বস্তুর আদিবেগের সমান ও ২য় বস্তুর শেষবেগ ১ম বস্তুর আদিবেগের সমান। সুতরাং সমান ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হলে তারা বেগ বিনিময় করে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5%।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ১ম তারের ইয়ং এর গুণাংক ২য় তারের ইয়ং এর গুণাংকের 3.125 গুণ হয়। তাই ১ম তার বেশি স্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ ভোলা সরকারি কলেজ I প্রশ্ন নং ৫

সমান দৈর্ঘ্যের A ও B দুটি তারের ব্যাস যথাক্রমে 1 mm ও 3 mm। 5×10^3 N মানের একটি বল দুটি তারের ওপরই প্রয়োগ করা হলো এবং এদের প্রসারণ যথাক্রমে 5% ও 1% হলো।

ক. হুকের সূত্রটি লিখ। ১
খ. ইস্পাত রাবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. A তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. A ও B তারের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক— গাণিতিকভাবে আলোচনা করো। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে বল প্রয়োগ করতে হয়, সম আকারের ইস্পাতের টুকরাতে একই বিকৃতি ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ রাবারের তুলনায় ইস্পাতের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি বলে ইস্পাত রাবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $1.59 \times 10^8 \text{ J/m}^3$

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** A তারের ইয়ং এর গুণাংক B তারের ইয়ং এর গুণাংকের 1.8 গুণ। তাই A তার বেশি স্থিতিস্থাপক।

---

৬৮ থেকে ৯০ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph1bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

৬৮.	রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৬৯.	দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৭০.	কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৭১.	চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৭২.	সিলেট বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৮	panjeree.com/hsc
৭৩.	রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ I প্রশ্ন নং ৮	panjeree.com/hsc
৭৪.	ঢাকা বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৭৫.	রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৭	panjeree.com/hsc
৭৬.	দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৭৭.	কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৭৮.	চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৭৯.	সিলেট বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৮	panjeree.com/hsc
৮০.	যশোর বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৮১.	বরিশাল বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৭	panjeree.com/hsc
৮২.	ঢাকা বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৮৩.	রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৮৪.	কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৮৫.	চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৮৬.	সিলেট বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৮৭.	বরিশাল বোর্ড ২০১৬ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৮৮.	ঢাকা বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৮৯.	সিলেট বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৯০.	বরিশাল বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc

অধ্যায় ৮ পর্যাবৃত্ত গতি

বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	১	১	১	১	১	২	১	১০
২০২৩	১	১	১	১	২	২	১	১	১	১১
২০২২	১	২	১	১	১	১	১	১	১	১০
২০২১	১	২	১	২	২	১	২	২	১	১৪
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	২	১	১	১	১	১	১	৯
২০১৮	১	–	০	১	০	০	১	১	০	৪
২০১৭	১	–	১	১	১	২	১	১	১	৯
২০১৬	০	–	০	০	০	০	১	০	০	১
২০১৫	১	–	০	০	১	১	০	১	০	৪
মোট প্রশ্ন	৮	৬	৭	৮	৯	৯	৯	১০	৬	–

বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭

সানি ও রনি দুটি দোলক নিয়ে পরীক্ষা করছে। সানির দোলকটি সেকেন্ড দোলক। এটির ভর 50gm এবং বিস্তার 10 cm। রনির দোলকটির ভর 70gm, পর্যায়কাল 5 sec এবং বিস্তার 7cm।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কী? ১

খ. বরিশালে কোনো একদিন শিশিরাংক 17°C বলতে কী বুঝায়? ২

গ. সাম্যবস্থান থেকে 6cm অবস্থানে সানির দোলকটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সানি ও রনি উভয়ের দোলকের মধ্যে কার দোলকের শক্তি বেশি? বিশ্লেষণপূর্বক উত্তর দাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে 1 m প্রসারিত বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাই স্প্রিং ধ্রুবক।

খ যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তার ভেতরের জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাংক বলে। অথবা যে তাপমাত্রায় শিশির জমতে বা অদৃশ্য হতে শুরু করে তাকে শিশিরাংক বলে।

কোনো স্থানের বায়ুর শিশিরাংক 17°C বলতে বুঝায় যে, 17°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ু তার মধ্যস্থ জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হবে। অথবা 17°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানে শিশির গঠিত বা অদৃশ্য হতে শুরু করবে।

গ আমরা জানি, সরল দোলকের বেগ,

$$v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$$
$$= 2\pi f\sqrt{A^2 - x^2}$$
$$= 2 \times 3.1416 \times 0.5 \times \sqrt{(0.10)^2 - (0.06)^2}$$
$$= 0.251 \text{ m/s (Ans.)}$$

এখানে,
দোলনকাল, $T = 2$ s
কম্পাংক, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5$ Hz
বিস্তার, $A = 10$ cm $= 0.10$ m
সাম্যবস্থান হতে সরণ,
$x = 6$ cm $= 0.06$ m
সরল দোলকের বেগ, $v = ?$

ঘ সানির দোলকের কৌণিক কম্পাঙ্ক ω_1 হলে,

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$$
$$= \frac{2\pi}{2} = 3.1416 \text{ rads}^{-1}$$

এখানে,
সানির দোলকের দোলনকাল, $T_1 = 2$ s
রনির দোলকের দোলনকাল, $T_2 = 5$ s

রনির দোলকের কৌণিক কম্পাঙ্ক ω_2 হলে,

$$\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} = \frac{2\pi}{5} = 1.257 \text{ rads}^{-1}$$

আমরা জানি, সরল ছন্দিত স্পন্দনে গতিশীল কণার মোট শক্তি,

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$$

[এখানে m = ববের ভর ও A = সরল দোলকের বিস্তার]

সানির দোলকের শক্তি,

$$E_1 = \frac{1}{2}m_1\omega_1{}^2A_1{}^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 0.05 \times (3.1416)^2 \times (0.10)^2$$
$$= 2.467 \times 10^{-3} \text{ J}$$

এখানে,
সানির দোলকের,
বিস্তার, $A_1 = 10$ cm $= 0.10$ m
ববের ভর, $m_1 = 50$ gm $= 0.05$ kg
রনির দোলকের
ববের ভর, $m_2 = 70$ gm $= 0.07$ kg
দোলনকাল, $T_2 = 5$ sec
বিস্তার, $A_2 = 7$ cm $= 0.07$ m

রনির দোলকের শক্তি,

$$E_2 = \frac{1}{2}m_2\,\omega_2^2A_2^2 = \frac{1}{2} \times 0.07 \times (1.257)^2 \times (0.07)^2 = 2.7 \times 10^{-4} \text{ J}$$

দেখা যাচ্ছে, $E_1 > E_2$

সানি ও রনি উভয়ের দোলকের মধ্যে সানির দোলকের শক্তি বেশি।

প্রশ্ন ▸২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬

নগন্য ভরের একটি স্প্রিং এর এক প্রান্তে 100 gm ভরের একটি বস্তু ঝুলিয়ে দিলে স্প্রিংটি 16 cm প্রসারিত হয়। বস্তুটিকে টেনে ছেড়ে দিলে এটি 10 cm বিস্তারে স্পন্দিত হয়। ভবিষ্যতে এই পর্যবেক্ষণটি চন্দ্রপৃষ্ঠে করা হবে। পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে চন্দ্রের ভর ও ব্যাসার্ধের 81 গুণ এবং 4 গুণ। পৃথিবী পৃষ্ঠে $g = 9.8$ ms^{-2}. [illegible]

ক. সরল ছন্দিত স্পন্দন কী? ১
খ. সেকেন্ড দোলক এক ধরনের সরল দোলক— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সরলছন্দিত স্পন্দনে দোলরত ঝুলন্ত বস্তুটির সর্বোচ্চ ত্বরণ কত? ৩
ঘ. পর্যবেক্ষণটি চন্দ্রপৃষ্ঠে করলে পৃথিবীর পৃষ্ঠের তুলনায় দোলনকালের কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোনো কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয়, যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিই সরল ছন্দিত স্পন্দন।

খ একটি ভারী আয়তনহীন বস্তু কণাকে ওজনহীন, নমনীয় ও অপ্রসারণশীল সুতা দিয়ে ঝুলিয়ে দিলে এটি যদি ঘর্ষণ এড়িয়ে স্বাধীনভাবে একটি উলম্ব তলে দুলতে পারে তবে তাকে সরল দোলক বলে। একবার পূর্ণ দোলন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে দোলকের দোলনকাল বলে। সেকেন্ড দোলক এক ধরনের সরল দোলক। এটি এক সেকেন্ডে একটি অর্ধদোলন দেয়। অর্থাৎ এর দোলনকাল 2 সেকেন্ড। সেকেন্ড দোলক সাধারণত ঘড়ি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। সরল দোলকের সকল বৈশিষ্ট্যই সেকেন্ড দোলকের মধ্যে বিদ্যমান থাকে।
সুতরাং বলা যায় সেকেন্ড দোলক এক ধরনের সরল দোলক।

গ আমরা জানি,

$F = kx$

বা, $k = \frac{F}{x} = \frac{mg}{x}$

$= \frac{0.1 \times 9.8}{0.16}$

$= 6.125\ \text{Nm}^{-1}$

আবার সর্বোচ্চ ত্বরণ, $a_{max} = -\omega^2 A$

বা, $a_{max} = -\frac{k}{m} A\ [\because \omega^2 = \frac{k}{m}]$

$= -\frac{6.125}{0.1} \times 0.1$

$= -6.125\ \text{ms}^{-2}$ **(Ans.)**

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 100$ gm $= 0.1$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
স্প্রিং এর মুক্ত প্রান্তের প্রসারণ,
$x = 16$ cm $= 0.16$ m
প্রযুক্ত বল, $F = mg$
বিস্তার, $A = 10$ cm $= 0.1$ m
স্প্রিং ধ্রুবক, $k = ?$
সর্বোচ্চ ত্বরণ, $a_{max} = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই, পৃথিবীতে স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক, $k_e = 6.125\ \text{Nm}^{-1}$

পৃথিবী পৃষ্ঠে দোলনকাল,

$T_e = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_e}}$

$= 2\pi\sqrt{\frac{0.1}{6.125}} = 0.8$ s

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 100$ gm
$= 0.1$ kg
পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_e = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
স্প্রিং এর প্রসারণ, $x = 16$ cm
$= 0.16$ m

ধরি, পৃথিবী ও চন্দ্রের ভর যথাক্রমে M_e ও M_m এবং পৃথিবী ও চন্দ্রের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে R_e ও R_m
এখন $M_e = 81\ M_m$ ও $R_e = 4\ R_m$

পৃথিবীপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_e = \frac{GM_e}{R_e^2}$

চন্দ্র পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_m = \frac{GM_m}{R_m^2}$

সুতরাং $\frac{g_m}{g_e} = \frac{GM_m}{R_m^2} \times \frac{R_e^2}{GM_e} = \frac{M_m}{R_m^2} \times \frac{(4R_m)^2}{81M_m}$

বা, $g_m = g_e \times \frac{16}{81} = 9.8 \times \frac{16}{81} = 1.9358\ \text{ms}^{-2}$

চন্দ্রপৃষ্ঠের ক্ষেত্রে বল ধ্রুবক, $k_m = \frac{mg_m}{x} = \frac{0.1 \times 1.9358}{0.16}$

$= 1.21\ \text{Nm}^{-1}$

চন্দ্রপৃষ্ঠে দোলনকাল, $T_m = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_m}} = 2\pi \times \sqrt{\frac{0.1}{1.21}} = 1.8$ s,

দোলনকালের পরিবর্তন $= T_m - T_e = 1.8 - 0.8 = 1$ s

∴ পর্যবেক্ষণটি চন্দ্রপৃষ্ঠে করলে চন্দ্র পৃষ্ঠে দোলনকাল পৃথিবী পৃষ্ঠের দোলনকাল হতে 1 s বেশি হবে

প্রশ্ন ▶৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ২

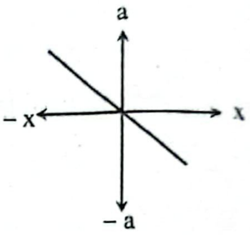
পৃথিবীর কেন্দ্র হতে $\frac{2R}{3}$ ও $\frac{4R}{3}$ দূরে দুটি অবস্থান A ও B। এখানে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $R = 6400$ km। পৃথিবী পৃষ্ঠে একটি সেকেন্ড দোলক সঠিক সময় দেয় এবং এর দোলনের বিস্তার 5 cm। পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.8\ \text{ms}^{-2}$।

ক. পর্যাবৃত্ত গতি কাকে বলে? ১
খ. সরল ছন্দিত স্পন্দন সম্পন্ন কণার ত্বরণ বনাম সাম্যাবস্থান থেকে সরণের লেখচিত্র কীরূপ হবে তা ব্যাখ্যা কর। ২
গ. পৃথিবী পৃষ্ঠে সেকেন্ড দোলকটির ভরের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. সেকেন্ড দোলকটি A ও B অবস্থানে নিয়ে গেলে দিনে একই পরিমাণ সময় হারাবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল কোন বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে তা এর গতিপথের যেকোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে বস্তুকণার সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে।

খ সরলছন্দিত স্পন্দনসম্পন্ন কণার ত্বরণের সাথে সরণের সম্পর্ক হল $a = -\omega^2 x$। সমীকরণটি হতে দেখা যায় যে, ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক। সাম্যবস্থানে $x = 0$, তাই সরণও শূন্য হবে। ত্বরণের মান সর্বোচ্চ হবে বিস্তারে। ত্বরণ বনাম সরণ লেখচিত্রটি হবে একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা। লেখচিত্রটি হবে নিম্নরূপ।



অর্থাৎ, গ্রাফটি একটি মুলবিন্দুগামী সরলরেখা যার ঢাল ঋণাত্মক। সরণ ধনাত্মক হলে ত্বক ঋণাত্মক হয় এবং সরণ ঋণাত্মক হলে ত্বরণ ধনাত্মক হয়।

গ আমরা জানি,

$v_{max} = \omega A = \frac{2\pi}{T} A$

$= \frac{2 \times 3.1416}{2} \times 0.05$

$= 0.157\ \text{ms}^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
দোলনের বিস্তার, $A = 5$ cm $= 0.5$m
দোলনকাল, $T = 2$sec
সর্বোচ্চ বেগ, $v_{max} = ?$

ঘ পৃথিবীর পৃষ্ঠ হতে A বিন্দুর গভীরতা,

$h_A = R - \frac{2R}{3} = \frac{R}{3}$

পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে B বিন্দুর উচ্চতা,

$h_B = \frac{4R}{3} - R = \frac{R}{3}$

এখানে,
পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে A ও B স্থানের দূরত্ব $\frac{2R}{3}$ ও $\frac{4R}{3}$
ভূপৃষ্ঠে দোলকটির দোলনকাল,
$T = 2$s

A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_A = g\left(1 - \frac{h_A}{R}\right) = 9.8\left(1 - \frac{\frac{R}{3}}{R}\right)$

বা, $g_A = 6.53\ \text{ms}^{-2}$

আবার B বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ, g_B

$\frac{g_B}{g} = \left(\frac{R}{R + \frac{R}{3}}\right)^2$

বা, $\frac{g_B}{9.8} = \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{3}}\right)^2$

বা, $\frac{gB}{9.8} = \frac{9}{16}$ বা, $g_B = 5.52\ \text{ms}^{-2}$

A বিন্দুতে দোলনকাল T_A হলে, $T_A = T\sqrt{\frac{g}{g_A}} = 2 \times \sqrt{\frac{9.8}{6.53}}$

B বিন্দুতে দোলনকাল T_B হলে $T_B = T\sqrt{\frac{g}{g_B}} = 2 \times \sqrt{\frac{9.8}{5.52}}$
$= 3.46$ s

A অবস্থানে দোলকটি দিনে n_A সেকেন্ড সময় হারালে,

$$T_A = \frac{2 \times 86400}{86400 - n_A}$$

বা, $n_A = 86400 - \frac{2 \times 86400}{T_A} = 86400 - \frac{2 \times 86400}{2.45} = 15869.38$ s

B অবস্থানে দোলকটি n_B সেকেন্ড সময় হারালে, $T_B = \frac{2 \times 86400}{86400 - n_B}$

বা, $n_B = 86400 - \frac{2 \times 86400}{2.66} = 21437.6$ s

এখানে, $n_A \neq n_B$

সুতরাং, সেকেন্ড দোলকটি A ও B স্থানে নিয়ে গেলে দিনে একই পরিমাণ সময় হারাবে না।

প্রশ্ন ▶৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৫

বৃন্দমের মামা বাড়ির ধাতব পেন্ডুলামযুক্ত একটি দেয়াল ঘড়ির পেন্ডুলামের দোলনকাল 2 sec। ঘড়িটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে 100 sec সময় হারায়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, R = 6400 km এবং ভূপৃষ্ঠে g = 9.8 ms^{-2}।

ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১

খ. দোলকের গতি ও বৈদ্যুতিক পাখার গতির মধ্যে পার্থক্য কী? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে পাহাড়টির উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ঘড়িটিকে পাহাড়ের উচ্চতার সমান গভীরতার খনিতে নিয়ে গেলে দোলনকালের কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবেগ বলে।

খ দোলকের গতি হলো সরলদোলন গতি। অপরদিকে বৈদ্যুতিক পাখার গতি হল ঘূর্ণন গতি। দোলকের গতি সাধারণত মাধ্যাকর্ষণ শক্তি দ্বারা চালিত হয়। এটি একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে মুক্ত করে দিলে মাধ্যাকর্ষণ শক্তি সেটিকে দোলাতে শুরু করে। দোলকের গতি স্পন্দন গতি অর্থাৎ পর্যায়কালের অর্ধেক সময় যেদিকে চলে বাকী অর্ধেক সময় তার বিপরীত দিকে চলে। বৈদ্যুতিক পাখার গতি পর্যায়বৃত্ত গতি অর্থাৎ এটি পর্যায়কালের পুরো সময়ই একদিকে চলে।

গ আমরা জানি,

পাহাড় চূড়ায় দোলকটির পরিবর্তিত দোলনকাল,

$$T' = 2 \times \frac{86400}{86400 - n} = 2 \times \frac{86400}{86400 - 100}$$

$$= \frac{1728}{863} \text{ s}$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R = 6400 km
$= 6.4 \times 10^6$ m
সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল, T = 2 s
1 দিনে হারানো সময়, n = 100 s
পাহাড়ের চূড়ায় সরল দোলকের দোলনকাল, T' = ?

পাহাড়ের উচ্চতা h হলে,

$$h = \left(\frac{T'}{T} - 1\right)R = \left(\frac{1728}{2 \times 863} - 1\right) \times 6.4 \times 10^6 = 7416 \text{ m}$$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, পাহাড়াটির উচ্চতা, h = 7416 m

খনিতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g' = g\left(1 - \frac{h}{R}\right)$$

$$= 9.8 \times \left(1 - \frac{7416}{6.4 \times 10^6}\right)$$

$$= 9.788 \text{ ms}^{-2}$$

সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল, T = 2 s
খনির গভীরতা, h = 7416 m
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, R = 6400 km
$= 6.4 \times 10^6$ m
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, g = 9.8 ms^{-2}

খনিতে দোলনকাল T' হলে,

$$\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}}$$

বা, $T' = T \times \sqrt{\frac{g}{g'}} = 2 \times \sqrt{\frac{9.8}{9.788}} = 2.0012$ s

সুতরাং দোলনকালের পরিবর্তন = 2.0012 − 2 = 0.0012 s

অর্থাৎ পৃথিবী পৃষ্ঠের তুলনায় খনিতে দোলনকাল 0.0012 s বেড়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৬

ফাহিম বান্দরবানে বেড়াতে গিয়ে একটি দোলককে পাহাড়ের পাদদেশে নিয়ে গেলে 2 sec এ একটি পূর্ণদোলন সম্পন্ন করে। এরপর সে দোলকটিকে উক্ত পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে সেটি ঘন্টায় 30 sec সময় হারায়। পৃথিবীর ব্যাস 12800 km।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পাহাড়ের চূড়ায় দোলকটির দোলন কাল অপরিবর্তিত রাখতে কী ব্যবস্থা নিতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে 1 m প্রসারিত বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ গ্রীষ্মকালে দোলকঘড়ির কার্যকর দৈর্ঘ্য বেড়ে যায় বলে দোলনকাল বৃদ্ধি পায় এবং দোলনকাল বৃদ্ধির কারণেই গ্রীষ্মকালে দোলন ঘড়ি ধীরে চলে। সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে L এর মান বৃদ্ধি পেলে T এর মান বৃদ্ধি পাবে। কারণ কোনো নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষণ ত্বরণ (g) নির্দিষ্ট। তাই গ্রীষ্মকালে দোলনকাল বেড়ে যায় বলে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

গ কোনো দোলক পাহাড়ের চূড়ায় ঘন্টায় বা 3600 sec এ 30 sec সময় হারালে,

$$\frac{T'}{T} = \frac{3600}{3600 - 30}$$

বা, $T' = \frac{3600}{3600 - 30} \times 2$

$\therefore T' = \frac{240}{119}$ sec

পাহাড়ের উচ্চতা, h হলে,

$$h = \left(\frac{T'}{T} - 1\right)R$$

$$= \left(\frac{\frac{240}{119}}{2} - 1\right) \times 6400 \times 10^3$$

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে দোলনকাল, T = 2 sec
পাহাড়ের চূড়ায় দোলনকাল, T' = ?
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, R
$= \frac{12800}{2}$ km
= 6400 km
$= 6400 \times 10^3$ m

$\therefore h \approx 53781.5$ m

অর্থাৎ, উদ্দীপকের পাহাড়ের উচ্চতা 53781.5 মিটার। **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, পাহাড়ের উচ্চতা, h = 53781.5 m = 53.78 km

পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণ g' হলে,

$$g' = g\frac{R^2}{(R + h)^2}$$

বা, $g' = \frac{g}{\left(\frac{R + h}{R}\right)^2}$

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, g = 9.8 ms^{-2}
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, R = 6400 km
উচ্চতা, h = 53.78 km
সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল, T = 2 s

বা, $g' = \frac{g}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2} = \frac{9.8}{\left(1 + \frac{53.78}{6400}\right)^2}$

$\therefore g' = 9.637 \text{ ms}^{-2}$

সেকেন্ড দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য L হলে,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

বা, $T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g}$

বা, $L = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9.8 \times (2)^2}{4\pi^2} = 0.99295$ m

ঘড়িটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে যাওয়ার পর দোলনকাল অপরিবর্তিত রাখতে হলে, T' = 2 s হবে। এর জন্য কার্যকরী দৈর্ঘ্য L' হলে

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{L'}{g'}}$$

বা, $(T')^2 = 4\pi^2\frac{L'}{g'}$

এখানে,
পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = 9.783\ ms^{-2}$

বা, $L' = \frac{g'(T')^2}{4\pi^2} = \frac{9.637 \times (2)^2}{4\pi^2} = 0.97643\ m$

$\therefore$ পেন্ডুলামটির দৈর্ঘ্য কমাতে হবে, $\Delta L = L - L'$
$= (0.99295 - 0.97643)m$
$= 0.01652\ m = 1.65\ cm$

সুতরাং বলা যায়, পাহাড়ের চূড়ায় দোলনকাল অপরিবর্তিত রাখতে কার্যকরী দৈর্ঘ্য 1.65 cm কমাতে হবে।

প্রশ্ন ▶৬ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৬

30 cm দৈর্ঘ্যের একটি স্প্রিংকে কোনো দৃঢ় অবলম্বন হতে ঝুলিয়ে দিয়ে মুক্ত প্রান্তে 200 g ভরের বস্তু যুক্ত করার ফলে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেয়ে 35 cm হলো। এরপর ভরটিকে 4 cm টেনে ছেড়ে দেওয়ায় বিনা বাঁধায় উলম্ব তলে স্প্রিংটি (ভরসহ) দুলতে লাগলো।

ক. একটি স্পন্দনরত কণার দশা কী? ১
খ. কোনো বস্তুর আয়তন পীড়ন $5 \times 10^6\ Nm^{-2}$ বলতে কী বুঝ? ২
গ. স্প্রিংয়ের স্পন্দনের কম্পাঙ্ক (f) নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সাম্যাবস্থান হতে 2 cm দূরে কোনো বিন্দুতে বস্তুটির স্পন্দনজনিত গতিশক্তি ও বিভব শক্তি সমান হবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি স্পন্দনরত কণার দশা হলো কণার যে কোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা অর্থাৎ সরণ, বেগ, ত্বরণ, বল ইত্যাদি।

খ আয়তন বিকৃতি ঘটানোর জন্য বস্তুর একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে যে বল প্রযুক্ত হয় তাকে আয়তন পীড়ন বলে।
কোনো বস্তুর আয়তন পীড়ন $5 \times 10^6\ Nm^{-2}$ বলতে বুঝায়, আয়তন বিকৃতি প্রতিরোধ করার জন্য বস্তুর একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে 5×10^6 N প্রতিরোধ বলের সৃষ্টি হয় অর্থাৎ আয়তন বিকৃতি ঘটানোর জন্য বস্তুটির উপর প্রতি বর্গমিটারে 5×10^6 N বল প্রয়োগ করা হচ্ছে। এটি একটি চাপের পরিমাপ যা বস্তুর উপর আরোপিত বলকে নির্দেশ করে। অর্থাৎ আয়তন পীড়ন $5 \times 10^6\ Nm^{-2}$ বলতে বুঝায় বস্তুটির উপর $5 \times 10^6\ Nm^{-2}$ চাপ প্রয়োগ করা হচ্ছে।

গ আমরা জানি,
স্প্রিং ধ্রুবক,

$K = \frac{F}{x}$
$= \frac{1.96}{5 \times 10^{-2}}$
$= 39.2\ Nm^{-1}$

এখানে,
ভর, $m = 200\ g = 200 \times 10^{-3}\ kg$
$= 0.2\ kg$
প্রত্যয়নী বল, $F = mg = 0.2 \times 9.8 = 1.96\ N$
সাম্যবস্থান হতে সরণ, $x = (35 - 30)\ cm$
$= 5\ cm$
$= 5 \times 10^{-2}\ m$
কম্পাঙ্ক, $f = ?$

এখন,

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

বা, $2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$

বা, $f = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{k}{m}}$

বা, $\frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{39.2}{0.2}} = 2.23\ Hz$ **(Ans.)**

ঘ এখানে, বিস্তার, $A = 4\ cm = 0.04\ m$
বস্তুর ভর, $m = 200\ g = 0.2\ kg$
সাম্যাবস্থা হতে বস্তুর সরণ, $x = 2\ cm = 0.02\ m$
আমরা জানি, x সরণে বস্তুর বিভবশক্তি, $E_P = \frac{1}{2}kx^2$
এবং গতিশক্তি $E_K = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$

$\therefore \frac{E_P}{E_K} = \frac{x^2}{A^2 - x^2} = \frac{(0.02)^2}{(0.04)^2 - (0.02)^2} = \frac{1}{3}$
$\therefore E_K = 3 \times E_P$

সাম্যাবস্থা থেকে বস্তুটির সরণ যখন 2 cm হয় তখন এর গতিশক্তি বিভবশক্তির তিনগুণ।

অর্থাৎ গতিশক্তি বিভবশক্তির সমান হয় না।

প্রশ্ন ▶৭ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৭

2kg ভরের একটি বস্তু 20 cm বিস্তার নিয়ে $5\frac{d^2x}{dt^2} + 625x = 0$ সমীকরণ অনুসারে কম্পিত হচ্ছে। কম্পন শুরুর 2 sec পরে গতিশক্তি K_1 এবং 2.5 sec পর গতিশক্তি K_2 হয়।

ক. সেকেন্ড দোলক কাকে বলে? ১
খ. উলম্ব তলে কম্পিত কোনো স্প্রিংয়ের দোলনকাল পৃথিবী ও চাঁদের পৃষ্ঠে একই হবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বস্তুটির কম্পাংক নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের K_1 ও K_2 এর মান একই হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ উলম্বতলে কম্পিত কোনো স্প্রিং এর দোলনকাল পৃথিবী ও চাঁদের পৃষ্ঠে একই হবে না। স্প্রিং এর দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরণের উপর নির্ভরশীল। দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যাস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ অভিকর্ষজ ত্বরণ বেশি হলে দোলনকাল কম হবে। আবার অভিকর্ষজ ত্বরণ কম হলে দোলনকাল বেশি হবে। চাঁদের তুলনায় পৃথিবীপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান বেশি। তাই উলম্বতলে কম্পিত স্প্রিং এর দোলনকাল পৃথিবী অপেক্ষা চাঁদের পৃষ্ঠে বেশি হবে।

গ এখানে,

$5\frac{d^2x}{dt^2} + 625\,x = 0$

বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + 125\,x = 0$

সমীকরণটিকে $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$\omega^2 = 125$ বা, $\omega = \sqrt{125}$

বা, $2\pi f = \sqrt{125}$

বা, $f = \frac{\sqrt{125}}{2\pi}$

$\therefore f = 1.78\ Hz$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, কৌণিক বেগ, $\omega = \sqrt{125}\ rads^{-1}$

কণাটির সরণের সমীকরণ,
$x = A\sin\omega t$
$= 0.2\sin\sqrt{125}\,t$
$t_1 = 2$ sec এর সরণ x_1 হলে
$x_1 = 0.2\sin(\sqrt{125} \times 2)$
$x_1 = -0.0722\ m$

এখানে,
বস্তুটির ভর, $m = 2\ kg$
বিস্তার, $A = 20\ cm$
$= 0.2\ m$
সময়, $t_1 = 2\ sec$
$t_2 = 2.5\ sec$

সুতরাং বেগ, $v_1 = \omega\sqrt{A^2 - x_1^2} = \sqrt{125} \times \sqrt{(0.2)^2 - (0.0722)^2}$
$= 2.085\ ms^{-1}$

গতিশক্তি $K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (2.085)^2 = 4.348\ J$

আবার $t_2 = 2.5$ sec এ সরণ $x_2 = 0.2\sin(\sqrt{125} \times 2.5)$
$= 0.063\ m$

সুতরাং বেগ, $v_2 = \omega\sqrt{A^2 - x_2^2} = \sqrt{125} \times \sqrt{0.2^2 - (0.0636)^2}$
$= 2.12\ ms^{-1}$

সুতরাং গতিশক্তি, $K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (2.12)^2 = 4.49\ J$

এখানে, $K_1 \neq K_2$।
সুতরাং, উদ্দীপকের K_1 ও K_2 এর মান একই হবে না।

প্রশ্ন ▶৮. যশোর বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৪

একটি স্প্রিং এর মুক্তপ্রান্তে 500 gm ভর ঝুলালে এটি 5 cm প্রসারিত হয়ে সাম্যাবস্থায় আসে। এটিকে আরো 4 cm প্রসারিত করে ছেড়ে দিলে এটি সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দিত হয়।

◀ অধ্যায় ৫ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. কাজ শক্তি উপপাদ্য লেখো। ১
খ. ভরকে অনেক সময় জড়তা ভর বলা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্প্রিংটির 4 cm প্রসারণে কৃতকাজ বের করো। ৩
ঘ. স্প্রিং মুক্ত প্রান্তে আরো 100 gm ভর যুক্ত করলে স্প্রিং-এর সরল ছন্দিত স্পন্দনের কম্পাংকের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করো। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ বাহ্যিক বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তুর স্থির অবস্থায় থাকতে চাওয়া এবং গতিশীল বস্তুর সুষম গতিতে চলতে চাওয়ার প্রবণতাকে এর জড়তা বলে। ধরি, একটি হালকা এবং একটি ভারী বস্তু স্থির রয়েছে। নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে নির্দিষ্ট মানের গতিবেগ দিতে হলে হালকা বস্তুর তুলনায় ভারী বস্তুতে বেশি মানের বল প্রয়োগ করতে হবে। আবার, একই বেগে গতিশীল একটি হালকা বস্তু এবং একটি ভারী বস্তুকে একই সময় ব্যবধানে থামাতে ভারী বস্তুর ক্ষেত্রে বেশি মানের বাঁধা বল প্রয়োগ করতে হবে। এতে বোঝা যায়, হালকা বস্তুর তুলনায় ভারী বস্তুর জড়তা বেশি। সুতরাং, ভর বস্তুর জড়তার পরিমাপ। তাই ভরকে অনেক সময় জড়তা ভর বলা হয়।

গ আমরা জানি,

$F = kx$

বা, $mg = kx$

বা, $k = \frac{mg}{x} = \frac{0.5 \times 9.8}{0.05}$

$= 98\ \text{Nm}^{-1}$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 500$ gm $= 0.5$ kg
মুক্তপ্রান্তের প্রসারণ, $x = 5$ cm $= 0.05$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
প্রযুক্ত বল, $F = mg$
স্প্রিং ধ্রুবক, $k = ?$

এখন, ভর ঝুলানোর পর মুক্ত প্রান্তের প্রসারণ $x' = 4$ cm $= 0.04$ m

4 cm প্রসারণে কৃতকাজ, $W = \frac{1}{2}kx'^2$

$= \frac{1}{2} \times 98 \times (0.04)^2$

$= 0.0784$ J **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, স্প্রিং ধ্রুবক, $k = 98\ \text{Nm}^{-1}$

১ম ক্ষেত্রে,

কম্পাঙ্ক, $f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

$= \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{98}{0.5}}$

$= 2.228$ Hz

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 500$ gm $= 0.5$ kg
মুক্ত প্রান্তে পরিবর্তিত ভর,
$m' = 500 + 100 = 600$ gm $= 0.6$ kg

২য় ক্ষেত্রে,

কম্পাঙ্ক, $f_2 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m'}}$

$= \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{98}{0.6}} = 2.034$ Hz

সুতরাং কম্পাঙ্কের পরিবর্তন, $f_1 - f_2 = 2.228 - 2.034 = 0.194$ Hz

∴ কম্পাংকের শতকরা পরিবর্তন $= \frac{f_1 - f_2}{f_1} \times 100\%$

$= \frac{0.194}{2.228} \times 100\% = 8.7\%$

অর্থাৎ স্প্রিং এর মুক্ত প্রান্তে আরো 100 gm ভর যুক্ত করলে স্প্রিং-এর সরল ছন্দিত স্পন্দনের কম্পাঙ্ক শতকরা 8.7% কমে যাবে।

প্রশ্ন ▶৯ যশোর বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৭

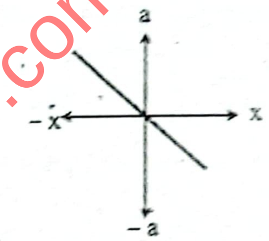
সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দনশীল 0.1 kg ভরের কোনো কণার সরণের সমীকরণ– $x = 0.1 \sin(0.5\pi t + \pi/5)$ (সকল রাশি এস আই এককে প্রদত্ত)

ক. বল ধ্রুবক কী? ১
খ. সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দনশীল কণার ত্বরণ বনাম সরণের লেখচিত্র ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সর্বোচ্চ বিস্তারে কণাটির উপর ক্রিয়ারত প্রত্যয়নী বল বের করো। ৩
ঘ. t = 0.5 সেকেন্ড ও t = 0.75 সেকেন্ড সময়ে কণার যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা যাচাই করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোনো স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য একক পরিমাণ পরিবর্তন করলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে দৈর্ঘ্য পরিবর্তনের বিপরীতে যে প্রত্যয়নী বলের উদ্ভব হয় তাই স্প্রিং এর বল ধ্রুবক।

খ সরলছন্দিত স্পন্দনসম্পন্ন কণার ত্বরণের সাথে সরণের সম্পর্ক হল $a = -\omega^2 x$। সমীকরণটি হতে দেখা যায় যে, ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক। সাম্যবস্থানে $x = 0$, তাই সরণও শূন্য হবে। ত্বরণের মান সর্বোচ্চ হবে বিস্তারে। ত্বরণ বনাম সরণ লেখচিত্রটি হবে একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা। লেখচিত্রটি হবে নিম্নরূপ।



অর্থাৎ, গ্রাফটি একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা যার ঢাল ঋণাত্মক। সরণ ধনাত্মক হলে ত্বরণ ঋণাত্মক হয় এবং সরণ ঋণাত্মক হলে ত্বরণ ধনাত্মক হয়।

গ সরণের সমীকরণ, $x = 0.1 \sin(0.5\pi t + \frac{\pi}{5})$

বিস্তার, $A = 0.1$ m
কৌণিক বেগ, $\omega = 0.5\pi$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 0.1$ kg

সর্বোচ্চ বিস্তারে ত্বরণ, $a = -\omega^2 A = -(0.5\pi)^2 \times 0.1 = -0.2467\ \text{ms}^{-2}$

বল, $F = ma = 0.1 \times (-0.2467)$

$= -0.02467$ N [ঋণাত্মক চিহ্ন প্রত্যয়নী বল নির্দেশ করে]

∴ প্রত্যয়নী বল 0.02467 N **(Ans.)**

ঘ কণাটির গতির সমীকরণ,

$x = 0.1 \sin\left(0.5\pi t + \frac{\pi}{5}\right)$

$\omega = 0.5\pi\ \text{rads}^{-1}$

$\delta = \frac{\pi}{5}$

এখানে, সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দনশীল কণাটির ভর, $m = 0.1$ kg
বিস্তার, $A = 0.1$ m

আমরা জানি,

বিভবশক্তি, $E_P = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \delta)$

ও গতিশক্তি, $E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \delta)$

∴ $t = 0.5$ s এ

কণাটির বিভবশক্তি

$E_{P_1} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \delta)$

$= \frac{1}{2} \times 0.1 \times (0.5\pi)^2 \times (0.1)^2 \times [\sin\{(0.5\pi \times 0.5) + \frac{\pi}{5}\}]^2$ J

$= 1.2035 \times 10^{-3}$ J

কণাটির গতিশক্তি

$$E_{K_1} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \delta)$$
$$= \frac{1}{2} \times 0.1 \times (0.5\pi)^2 \times (0.1)^2 \times [\cos\{(0.5\pi \times 0.5) + \frac{\pi}{5}\}]^2 \text{ J}$$
$$= 3.019 \times 10^{-5} \text{ J}$$

কণাটির যান্ত্রিক শক্তি

$$E_{total} = E_{P_1} + E_{K_1}$$
$$= (1.2035 \times 10^{-3} + 3.019 \times 10^{-5}) \text{ J}$$
$$= 1.233 \times 10^{-3} \text{ J}$$

$t = 0.75$ s এ,

কণাটির বিভবশক্তি,

$$E_{P_2} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \delta)$$
$$= \frac{1}{2} \times 0.1 \times (0.5\pi)^2 \times (0.1)^2 \times [\sin(0.5\pi \times 0.75 + \frac{\pi}{5})]^2 \text{ J}$$
$$= 1.1664 \times 10^{-3} \text{ J}$$

কণাটির গতিশক্তি

$$E_{K_1} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \delta)$$
$$= \frac{1}{2} \times 0.1 \times (0.5\pi)^2 \times (0.1)^2 \times [\cos(0.5\pi \times 0.75) + \frac{\pi}{5}\}]^2 \text{ J}$$
$$= 6.72 \times 10^{-5} \text{ J}$$

কণাটির যান্ত্রিক শক্তি,

$$E'_{total} = E_{P_2} + E_{K_2}$$
$$= (1.1664 \times 10^{-3} + 6.72 \times 10^{-5}) \text{ J} = 1.233 \times 10^{-3} \text{ J}$$

এখানে, $E_{total} = E_{total'}$

$\therefore$ $t = 0.5$ সেকেন্ডে ও $t = 0.75$ সেকেন্ডে যান্ত্রিকশক্তির নিত্যতা পরিলক্ষিত হয়।

প্রশ্ন ▸ ১০ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▮ প্রশ্ন নং ৬

দুটি সরল ছন্দিত গতিতে স্পন্দিত বস্তুর একটির গতির সমীকরণ $x = 8\cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ মিটার এবং অপরটির গতির সমীকরণ $x = 10\sin(12\pi t)$ মিটার (উভয় বস্তুর ভর সমান)।

ক. পর্যায়কাল কাকে বলে? ১

খ. ফাঁকা দোলকপিণ্ডকে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে দোলকটি ধীরে চলবে না দ্রুত চলবে? ব্যাখ্যা করো। ২

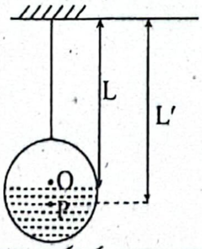
গ. 2 sec পর সরল ছন্দিত গতিতে স্পন্দিত ১ম বস্তুর বেগ কত? ৩

ঘ. উভয় সরল ছন্দিত গতিতে স্পন্দিত বস্তুর মোট শক্তি গাণিতিকভাবে তুলনা করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো কণা নির্দিষ্ট সময় পরপর কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে যদি নির্দিষ্ট দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে সেই চক্র সম্পন্ন করতে প্রয়োজনীয় সময়কে পর্যায়কাল বলে।

খ



ফাঁকা দোলকপিণ্ডকে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে দোলকটি ধীরে চলবে।

আমরা জানি, দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $T \propto \sqrt{L}$। অর্থাৎ দোলনকাল কার্যকরী দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক। ফাঁকা দোলকপিণ্ডকে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে ভারকেন্দ্র O থেকে P বিন্দুতে নেমে যায়। তাই তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করার পর কার্যকরী দৈর্ঘ্য L′, আগের কার্যকরী দৈর্ঘ্য L থেকে বেশি। তাই ২য় ক্ষেত্রে দোলনকাল T′ ও পূর্বের দোলনকাল T থেকে বেশি হবে। (T′ > T)। আমরা জানি, দোলনকাল যত বেশি হয়, দোলকটি তত ধীরে চলে। তাই ফাঁকা দোলকপিণ্ডকে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে দোলকটি ধীরে চলবে।

গ ১ম বস্তুর গতির সমীকরণ,

$$x = 8\cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

সুতরাং বেগ, $v = \frac{dx}{dt} = -6\pi \times 8\sin(6\pi t + \pi/2)$

সুতরাং, $t = 2$ sec হলে,

$$v = -6\pi \times 8\sin\left(6\pi \times 2 + \frac{\pi}{2}\right)$$
$$= -6\pi \times 8\sin\frac{\pi}{2} = -150.796 \text{ ms}^{-1}$$ **(Ans.)**

ঘ ধরি, উভয় বস্তুর ভর $= m$

১ম বস্তুর গতির সমীকরণ, $x_1 = 8\cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$

সুতরাং, বিস্তার, $A_1 = 8$ m

কৌণিক বগ, $\omega_1 = 6\pi$

২য় বস্তুর গতিশীল সমীকরণ, $x_2 = 10\sin(12\pi t)$

$\therefore$ বিস্তার, $A_2 = 10$m

কৌণিক বেগ, $\omega_2 = 12\pi$

আমরা জানি,

সরল ছন্দিত গতির মোট শক্তি, $E = \frac{1}{2}kA^2$

বা, $E = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$ $\quad [\because \omega^2 = \frac{k}{m}]$

১ম বস্তুর ক্ষেত্রে মোট শক্তি,

$$E_1 = \frac{1}{2}m\omega_1^2 A_1^2 = \frac{1}{2}m(6\pi)^2 \times (8)^2$$

২য় বস্তুর ক্ষেত্রে মোট শক্তি,

$$E_2 = \frac{1}{2}m\omega_2^2 A_2^2 = \frac{1}{2}m(12\pi)^2 \times (10)^2$$

এখানে, $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{1}{2}m(12\pi)^2 \times (10)^2}{\frac{1}{2}m(6\pi)^2 \times (8)^2}$

বা, $\frac{E_2}{E_1} = \frac{144 \times 100}{36 \times 64}$ বা, $E_2 = 6.25\,E_1$

উভয় সরল ছন্দিত গতিতে সম্পাদিত বস্তুর মোট শক্তি ১ম ক্ষেত্রে চেয়ে ২য় ক্ষেত্রে 6.25 গুণ বেশি।

প্রশ্ন ▸ ১১ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ৬

একটি সেকেন্ড দোলক কোনো একটি পাহাড়ের পাদদেশে সঠিক সম দেয়। কিন্তু দোলকটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে প্রতি ঘণ্টায় 30 সেকেন্ড সময় ধীরে চলে। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km এবং অভিকর্ষ ত্বরণ 9.8 ms^{-2}।

ক. একক ভেক্টর কী? ১

খ. মহাকর্ষ বিভবের মান ঋণাত্মক হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পাহাড়ের চূড়ায় দোলকটির দোলনকাল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তথ্যের ভিত্তিতে পাহাড়টির উচ্চতা নির্ণয় করা য কিনা, তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টর রাশির মান এক একক তাই একক ভেক্টর।

খ অসীম দূর থেকে একক ভরের কোনো বস্তুকে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে কোন বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয়, তাকে ওই বিন্দু মহাকর্ষীয় বিভব বলে। M ভরের কোনো বস্তু থেকে r দূরত্বে কোন বিন্দু মহাকর্ষীয় বিভব, $V = -\frac{GM}{r}$। অর্থাৎ মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোন বিন্দু বিভব ঋণাত্মক হয়। এই ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা বোঝায়, বাহ্যিক কোন ব বা শক্তি দ্বারা কাজ সম্পন্ন হয়নি, মহাকর্ষীয় বলই কাজ সম্পন্ন করে দূরত্ব বৃদ্ধি পেলে মহাকর্ষীয় বিভব বৃদ্ধি পায় এবং অসীমে মহাক বিভব সর্বোচ্চ বা শূন্য হয়। অসীম থেকে ক্ষেত্র সৃষ্টিকারী বস্তুর দি এগোতে থাকলে মহাকর্ষীয় বিভবের মান কমে অর্থাৎ ঋণাত্মক হয়।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের ১ম অংশ দ্রষ্টব্য।

ঘ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের ২য় অংশ দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶১২ **ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৬**

একটি সরল দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য 1 m এবং বিস্তার 6 cm। দোলকটিকে প্রথমে P স্থানে নিয়ে যাওয়া হলে দোলনকাল 1.5 sec এবং এরপর Q স্থানে নিয়ে গেলে দোলনকাল 2 sec পাওয়া গেল।

ক. দশা কাকে বলে? ১

খ. 'স্প্রিং বল প্রত্যয়নী বল' ব্যাখ্যা করো। ২

গ. দোলকের সাম্যাবস্থানে বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন স্থানের উচ্চতা বেশি ছিল? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে রাশি দ্বারা তরঙ্গ সঞ্চারণকারী কণার যেকোনো মুহূর্তের বেগ, সরণ, ত্বরণ ইত্যাদির সম্যক অবস্থা বোঝায় তাকে দশা বলে।

খ একটি স্প্রিংকে টেনে প্রসারিত করলে মনে হয়, স্প্রিং আমাদের হাতকে বিপরীত দিকে টানছে। নিউটনের তৃতীয় সূত্র থেকে এরূপ প্রতিক্রিয়া বলের উদ্ভব ব্যাখ্যা করা যায়। স্পষ্টত বিকৃত করার চেষ্টাকে স্প্রিংটি বাধা দেয়, স্প্রিংটি ছেড়ে দিলে সেটি সঙ্গে সঙ্গে এর প্রাথমিক দৈর্ঘ্য ফিরে পায়। এক্ষেত্রে যে বলের ক্রিয়ায় স্প্রিংটি পূর্বের আকার ফিরে পায়, তাই স্থিতিস্থাপক বল।

এজন্য স্প্রিং এর সাথে বস্তু আটকিয়ে স্প্রিংকে দৈর্ঘ্য বরাবর বিকৃত করলে স্থিতিস্থাপকতা ধর্মের দরুন স্প্রিং-এ প্রযুক্ত বলের সমান ও বিপরীতমুখী বল সৃষ্টি হয়, যার দিক সর্বদা সাম্যাবস্থার দিকে। একে প্রত্যয়নী বল বলে। তাই স্প্রিং বল হলো প্রত্যয়নী বল।

গ সরল দোলকের দোলনকাল T হলে,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$
$$= 2\pi\sqrt{\frac{1}{9.8}}$$
$$= 2.0071 \text{ s}$$

এখানে,
কার্যকর দৈর্ঘ্য, $L = 1$ m
বিস্তার, $A = 6$ cm $= 0.06$ m
পৃথিবী পৃষ্ঠে, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

আমরা জানি, সরল দোলকের গতি সরল ছন্দিত গতি, এর বেগ v হলে,

$$v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$$

বা, $v = \frac{2\pi}{T}\sqrt{A^2 - x^2}$

সাম্যবস্থানে বা $(x = 0)$ অবস্থানে বেগ,

$$v = \frac{2\pi}{T}\sqrt{A^2 - 0^2} = \frac{2\pi A}{T} = \frac{2\pi \times 0.06}{2.0071}$$

$\therefore v = 0.1878 \text{ ms}^{-1}$

∴ দোলকের সাম্যাবস্থানে বেগ 0.1878 ms^{-1} **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, সরলদোলকের দোলনকাল, $T = 2.0071$s,

P স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ g_p হলে, আমরা জানি,

$$T_p = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_p}}$$

বা, $(T_p)^2 = 4\pi^2 . \frac{L}{g_p}$

বা, $g_p = \frac{4\pi^2 . L}{(T_p)^2}$ বা, $g_p = \frac{4\pi^2 \times 1}{(1.5)^2}$

$\therefore g_p = 17.55 \text{ ms}^{-2}$

এখানে,
কার্যকরী দৈর্ঘ্য, $L = 1$ m
P স্থানে দোলনকাল, $T_p = 1.5$ s
Q স্থানে দোলনকাল, $T_Q = 2$ s

অনুরূপভাবে, Q স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ g_Q হলে,

আমরা জানি, $T_Q = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_Q}}$

বা, $(T_Q)^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g_Q}$ বা, $g_Q = \frac{4\pi^2 L}{(T_Q)^2}$

বা, $g_Q = \frac{4\pi^2 \times 1}{(2)^2} = 9.87 \text{ ms}^{-2}$

কেন্দ্র হতে, P স্থানের উচ্চতা h_p এবং Q স্থানের উচ্চতা [illegible]

$g_p = \frac{GM}{h_p^2}$ ....(i)

[illegible] $\frac{GM}{}$ [illegible]

[illegible] $M = $ [illegible]

(i) ÷ (ii) হতে পাই,

$$\frac{g_p}{g_Q} = \frac{\frac{GM}{h_p^2}}{\frac{GM}{h_Q^2}} = \frac{h_Q^2}{h_p^2} \quad \text{বা, } \frac{h_Q^2}{h_p^2} = \frac{g_p}{g_Q}$$

বা, $\frac{h_Q}{h_p} = \sqrt{\frac{g_p}{g_Q}} = \sqrt{\frac{17.55}{9.87}} = 1.33$

$\therefore h_Q = 1.33\, h_p$

অর্থাৎ $h_Q > h_p$

সুতরাং Q স্থানের উচ্চতা বেশি ছিল।

প্রশ্ন ▶১৩ **রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৬**

পৃথিবী পৃষ্ঠে একটি সরল দোলকের গতির সমীকরণ $x = 10 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$। সরল দোলকটি বিনা বাধায় দুলছে।

ক. কালিক পর্যায়ক্রম কী? ১

খ. শীতকালে দোলক ঘড়ি দ্রুত চলে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 2 s পর দোলকটির ত্বরণ বের করো। ৩

ঘ. দোলকটিকে ভূ-পৃষ্ঠ হতে 100 m গভীরে নিয়ে গেলে দোলন সংখ্যার পরিবর্তন হবে কি? যাচাই করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কালিক পর্যাবৃত্তীয় কোনো রাশি বা ফাংশন যে নির্দিষ্ট সময় পরপর একটি পূর্ণ পর্যায় সম্পন্ন করে অর্থাৎ যে সময় পরপর রাশিটির মান এবং সময়ের সাপেক্ষে রাশিটির পরিবর্তনের হারের পুনরাবৃত্তি ঘটে তাই কালিক পর্যায়ক্রম।

খ সরল দোলকের দোলনকাল সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে, কোনো সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য, L কমে গেলে দোলনকাল কমে যায়। অর্থাৎ, দোলকটি দ্রুত চলবে। দোলক ঘড়ি ধাতুর তৈরি হওয়ায় শীতকালে তাপমাত্রা হ্রাস পেলে এর দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়। আর তাই সরলদোলকের সূত্রানুযায়ী দোলনকালও কমে যায় অর্থাৎ, দোলক ঘড়ি দ্রুত চলে।

গ

সরল দোলকের বেগ, $v = \frac{dx}{dt}$

$$= \frac{d}{dt}\left\{10 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)\right\}$$
$$= 10 \times \pi \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$$

এখানে,
সরণ, $x = 10\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$
সময়, $t = 2$ s

কণাটির ত্বরণ, $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left\{10 \times \pi \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)\right\}$

$$= -10 \times \pi \times \pi \times \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$$

$\therefore$ $t = 2$ s হলে, $a = -10 \times (\pi)^2 \times \sin\left(\pi \times 2 + \frac{\pi}{4}\right)$

$$= -69.79 \text{ ms}^{-2}$$

সুতরাং 2 s পর দোলকটির ত্বরণ, -69.79 ms^{-2}. **(Ans.)**

ঋণাত্মক চিহ্ন বোঝায় ত্বরণ সরণের বিপরীত অভিমুখী।

ঘ দেয়া আছে, পৃথিবী পৃষ্ঠে সরল দোলকের গতির সমীকরণ $x = 10 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$। একে $x = A \sin(\omega t + \delta)$ এর সাথে তুলনা করে পাই,

$\omega = \pi \text{ rads}^{-1}$

$\therefore T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\pi} = 2$ s

[illegible] অর্থাৎ 2 s এ একটি [illegible]

[illegible] $n_1 = \frac{3600}{2} = 1800$ [illegible]

ভূপৃষ্ঠ থেকে 100 m গভীরে অভিকর্ষজ ত্বরণ g_d হলে,

$$g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right) = 9.8\left(1 - \frac{100}{6.4 \times 10^6}\right) = 9.79985\ ms^{-2}$$

এখানে,
গভীরতা, d = 100 m
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\ km = 6.4 \times 10^6\ m$
ভূপৃষ্ঠে, $g = 9.8\ ms^{-2}$

∴ ভূপৃষ্ঠ থেকে 100 m গভীরে দোলনকাল T_d হলে,

$$\frac{T_d}{T} = \sqrt{\frac{g}{g_d}} \quad \text{বা, } T_d = T\sqrt{\frac{g}{g_d}}$$

বা, $T_d = 2 \times \sqrt{\frac{9.8}{9.79985}}$

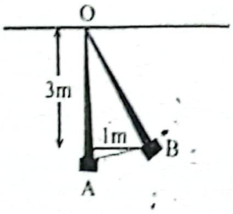
$\therefore T_d = 2.0000153\ s$

এখন, 1 hr বা 3600 s এ দোলন সংখ্যা, $n_2 = \frac{3600}{2.0000153} = 1799.986 \approx 1800$

সুতরাং বলা যায়, দোলকটিকে ভূপৃষ্ঠ হতে 100 m গভীরে নিয়ে গেলে দোলন সংখ্যার পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৬

রনি ও বনি দুই ভাইয়ের ভর যথাক্রমে 32 kg এবং 40 kg। তারা দুজন একটি দোলনায় একই কৌণিক সরণে দোল খাচ্ছিল। দোলনটির গড় কার্যকরী দৈর্ঘ্য 3 m এবং এর সাম্যাবস্থান A। [$g = 9.8\ ms^{-2}$]



◀ অধ্যায় ৪ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. কৌণিক কম্পাঙ্ক কাকে বলে? ১
খ. মহাকাশে একজন নভোচারীর নিকট একটি সেকেন্ড দোলকের কম্পাঙ্কের পরিবর্তন হয়—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রনির উপর সুতার টান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের B অবস্থানে রনি ও বনি সমান কার্যকর বল অনুভব করলো কিনা— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি সম্পন্ন কোনো কণা একক সময়ে যে কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে কৌণিক কম্পাঙ্ক বলে।

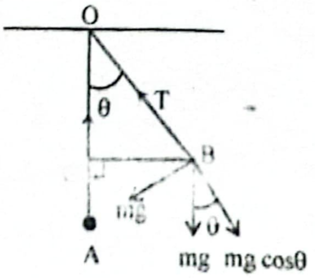
খ আমরা জানি, সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$। মহাকাশে অভিকর্ষ বল না থাকায়, g = 0। দোলনকাল হলে, $T' = 2\pi\sqrt{\frac{L}{0}} = \infty$। অর্থাৎ, মহাকাশে সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল অসীম হয়ে যায়।

আবার, সেকেন্ড দোলকের কম্পাঙ্ক, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5\ Hz$।

কিন্তু মহাকাশে দোলনকাল অসীম হওয়ায় কম্পাঙ্ক $f = \frac{1}{T'} = \frac{1}{\infty} = 0$।

সুতরাং, মহাকাশে একজন নভোচারীর নিকট একটি সেকেন্ড দোলকের কম্পাঙ্কের পরিবর্তন হয়।

গ চিত্র থেকে



Δ BOC-এ

$\sin\theta = \frac{BC}{OB} = \frac{1}{3}$

$\therefore \theta = \sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right) = 19.47^\circ$

এখন, A বিন্দুতে সুতার টান,

$$T_A = mg + \frac{mv_A^2}{L}$$

$$= 32\ kg \times 9.8\ ms^{-2} + \frac{32\ kg \times (1.81\ ms^{-1})^2}{3m} = 348.55\ N$$

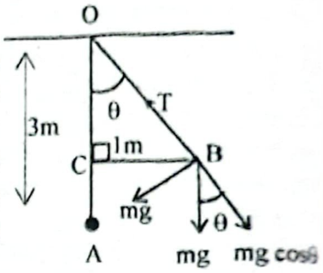
B বিন্দুতে সুতার টান T হলে,

$T = mg\cos\theta$
$= 32 \times 9.8 \times \cos(19.47^\circ)$
$= 295.667\ N$

∴ রনির উপর সুতার টান 295.667 N (Ans.)

এখানে,
কার্যকরী দৈর্ঘ্য OA = OB = 3 m
সরণ, BC = 1 m
রনির ভর, m = 32 kg
$g = 9.8\ ms^{-2}$

ঘ 'গ' থেকে পাই, সাম্যাবস্থান OA এর সাথে OB এর কোণ $\angle AOB = \theta = 19.47^\circ$



B বিন্দুতে ওজন mg এর একটি উপাংশ $mg\cos\theta$, সুতার টান T এর সমান ও বিপরীতমুখী হওয়ায় প্রশমিত হয়।

সুতরাং, B বিন্দুতে কার্যকর বল $F = mg\sin\theta$

রনির ক্ষেত্রে,
$F_1 = m_1 g\sin\theta$
$= 32 \times 9.8 \times \sin(19.47^\circ)$
$= 104.53\ N$

বনির ক্ষেত্রে,
$F_2 = m_2 g\sin\theta$
$= 40 \times 9.8 \times \sin(19.47^\circ) = 130.66\ N$

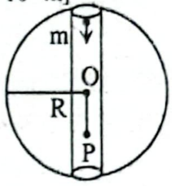
এখানে,
রনির ভর, $m_1 = 32\ kg$
বনির ভর, $m_2 = 40\ kg$
$g = 9.8\ ms^{-2}$

দেখা যাচ্ছে, $F_1 \neq F_2$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের B অবস্থানে রনি ও বনি সমান কার্যকর বল অনুভব করেনি।

প্রশ্ন ▶ ১৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৬

m ভরের একটি বস্তুকে পৃথিবীর কেন্দ্রগামী একটি সুড়ঙ্গের মধ্য দিয়ে ছেড়ে দেয়া হলো। পৃথিবীর পৃষ্ঠে $g = 9.8\ ms^{-2}$ এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $6.4 \times 10^6\ m$. [$OP = 5 \times 10^5\ m$]



◀ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. স্থানিক পর্যাবৃত্ত কী? ১
খ. সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণ সরণের বিপরীতমুখী— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. P বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে সুড়ঙ্গ পথে ছেড়ে দেওয়া বস্তুটির দোলনকাল নির্ণয় করা সম্ভব কি না, গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট স্থানে বস্তুর গতি যদি এমনভাবে পুনরাবৃত্তি হয় যে, নির্দিষ্ট সময় পরপর কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে একই দিক থেকে অতিক্রম করে তা-ই স্থানিক পর্যাবৃত্ত।

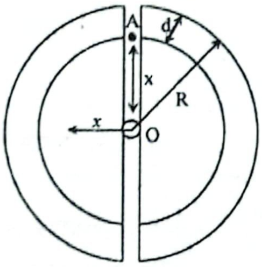
খ সরল ছন্দিত গতির ক্ষেত্রে, প্রত্যয়নী বল F ও সরণ x হলে, $F = -kx$। কারণ প্রত্যয়নী বলের দিক সরণের বিপরীতমুখী হয় এবং প্রত্যয়নী বলের দিকে সর্বদা সাম্যাবস্থার দিকে হয়। এখন সরল ছন্দিত কণার ত্বরণ a হলে, F = ma। আবার, $F = -kx$, তাই, $ma = -kx$ বা, $a = \frac{k}{m}x$ এখন, k ও m ধ্রুবক হওয়ায় $a \propto -x$। সুতরাং, সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণ সরণের বিপরীতমুখী।

গ P বিন্দুর গভীরতা d হলে,
$d = R - OP$
$= 6.4 \times 10^6 - 5 \times 10^5$
$= 5.9 \times 10^6 m$
P বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$
বা, $g_d = 9.8\left(1 - \frac{5.9 \times 10^6}{6.4 \times 10^6}\right)$
বা, $g_d = 9.8\left(1 - \frac{5.9}{6.4}\right)$
$\therefore g_d = 0.766\ ms^{-2}$ **(Ans.)**

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
কেন্দ্র O থেকে $R = 6.4 \times 10^6 m$,
দূরত্ব, $OP = 5 \times 10^5 m$
পৃথিবী পৃষ্ঠে, $g = 9.8\ ms^{-2}$

ঘ উদ্দীপকের m ভরের বস্তুকে পৃথিবীর ব্যাস বরাবর কেন্দ্রগামী একটি সুড়ঙ্গের মধ্যে ছেড়ে দেওয়া হলো।

পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে d গভীরতায় A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_d = \frac{4}{3}\pi\rho G(R - d)$ কেন্দ্র O থেকে A এর দূরত্ব, $OA = R - d = x$ হলে, $g_d = \frac{4}{3}\pi\rho Gx$। এখন A বিন্দুতে ত্বরণ g_d এর দিক কেন্দ্র O এর দিকে কিন্তু সরণ x এর দিক OA বরাবর অর্থাৎ g_d এর বিপরীত দিকে।



এজন্য, $g_d = -\frac{4}{3}\pi\rho Gx$, দেখা যাচ্ছে, $g_d \propto -x$ অর্থাৎ বস্তুটির গতি সরল ছন্দিত গতি।

সরল ছন্দিত গতির ক্ষেত্রে আমরা জানি, $a = -\omega^2 x$

$\therefore g_d = -\frac{4}{3}\pi\rho Gx$, এর সাথে তুলনা করে,

$\omega^2 = \frac{4}{3}\pi\rho G$ বা, $\omega = \sqrt{\frac{4}{3}\pi\rho G}$ ... (i)

আবার, ভূপৃষ্ঠে $g = \frac{4}{3}\pi\rho GR$

বা, $\frac{4}{3}\pi\rho G = \frac{g}{R}$

(i) এর মান বসিয়ে, $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$
$\therefore$ দোলনকাল, $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$
$= 2\pi\sqrt{\frac{6.4 \times 10^6}{9.8}}$
$= 5077.58\ s$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6 m$
ভূপৃষ্ঠে $g = 9.8\ ms^{-2}$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের সুড়ঙ্গ পথে ছেড়ে দেওয়া বস্তুটির দোলনকাল নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ১৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮

পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে ব্যবহৃত একটি সেকেন্ড দোলকের গ্রীষ্মকালে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ায় দোলনকাল 2.1 s হয়। সঠিক সময় পাওয়ার জন্য একজন ছাত্র এর দৈর্ঘ্য 2% কমিয়ে দেয়। ($g = 9.81\ ms^{-2}$)

ক. স্পন্দন গতি কাকে বলে? ১
খ. স্পন্দনরত কণার কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে রাখতে হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্বাভাবিক অবস্থায় দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে ছাত্রটি সফল হবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি তার পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে বিপরীত দিকে চলে তবে এর গতিকে স্পন্দন গতি বলে।

খ সরল দোলকের গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি বিবেচনা করতে হলে এর কৌনিক বিস্তার 4° এর কম রাখা জরুরী। কৌণিক বিস্তার 4° এর বেশি হলে সরল দোলকের গতিপথ বৃত্তাকার হয়ে পড়ে, তখন এ গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি বিবেচনা করা সম্ভব নয়। তদুপরি, সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ প্রতিপাদনের সময় কৌণিক বিস্তার অনধিক 4° –এরূপ বিবেচনা করা হয়।

গ আমরা জানি,
পর্যায়কাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
বা, $T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g} = \frac{gT^2}{4\pi^2}$
$\therefore L = \frac{9.81 \times 2^2}{4 \times (3.1416)^2} = 0.993\ m$ **(Ans.)**

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.81\ ms^{-2}$
সেকেন্ড দোলকটির পর্যায়কাল, $T = 2\ s$
কার্যকর দৈর্ঘ্য, $L = ?$

ঘ আমরা জানি, সরল দোলকের ক্ষেত্রে,
$T \propto \sqrt{L}$ বা, $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$
এখন, গ্রীষ্মকালে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ায় দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য, L_2 হলে,
$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \frac{L_2}{L_1}$
বা, $L_2 = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 L_1$
বা, $L_2 = \left(\frac{2.1}{2}\right)^2 \times 0.993$
$\therefore L_2 = 1.0947\ m$

এখানে,
স্বাভাবিক অবস্থায় দোলনকাল,
$T_1 = 2\ s$
'গ' থেকে পাই,
স্বাভাবিক অবস্থায় কার্যকরী দৈর্ঘ্য,
$L_1 = 0.993\ m$
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ায় দোলনকাল, $T_2 = 2.1\ s$

এর দৈর্ঘ্য 2% কমিয়ে দিলে পরিবর্তিত কার্যকরী দৈর্ঘ্য,
$L_2' = L_2 - L_2 \times 2\%$
$= L_2 - 0.02\ L_2 = 0.98\ L_2$
$= (0.98 \times 1.0947)\ m = 1.07283\ m$
দৈর্ঘ্য 2% কমিয়ে দেওয়ার পর সরলদোলকের দোলনকাল,
$T_2' = 2\pi\sqrt{\frac{L_2'}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1.07283}{9.81}} = 2.07785\ s$
দেখা যাচ্ছে, $T_2' \neq 2\ s$, বরং $T_2' > 2\ s$
অর্থাৎ, দৈর্ঘ্য 2% কমানোর ফলে সেকেন্ড দোলকটিতে সঠিক সময় $T = 2\ s$ পাওয়া যাবে না বা দোলকটি সেকেন্ড দোলক হবে না।
সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের আলোকে ছাত্রটি সফল হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৭ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭

একটি পেণ্ডুলাম ঘড়ি ভূ-পৃষ্ঠে প্রতি সেকেন্ড 1টি অর্ধদোলন দেয়। কিন্তু পাহাড়ের উপর নিয়ে গেলে দৈনিক 100 s সময় হারায়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km এবং পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.8\ ms^{-2}$

ক. স্থানিক পর্যাবৃত্তি কাকে বলে? ১
খ. একটি ভূ-স্থির উপগ্রহে স্প্রিং ভর ব্যবস্থায় দোলনকাল কেমন হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে পাহাড়ের উচ্চতা বের করো। ৩
ঘ. পাহাড়ের উপরে দোলকটিকে সেকেন্ড দোলকে পরিণত করতে কী ব্যবস্থা করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুর গতি যদি এমনভাবে পুনরাবৃত্তি হয় যে নির্দিষ্ট সময় পরপর কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাকে স্থানিক পর্যাবৃত্তি বলে।

খ আমরা জানি, অনুভূমিক স্প্রিং ভর ব্যবস্থায় বস্তুর ভর m ও স্প্রিং ধ্রুবক k হলে, দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$। এখানে, দোলনকাল বস্তুর ভর m ও স্প্রিং ধ্রুবক k এর উপর নির্ভর করে। এজন্য ভূ-স্থির উপগ্রহে নিয়ে গেলেও বস্তু ও স্প্রিং একই থাকায় দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকবে।

উল্লম্ব স্প্রিং ভর ব্যবস্থার ক্ষেত্রে স্প্রিং m ভর ঝুলানোয় এটি e পরিমাণ প্রসারিত হলে, mg = ke বা, $\frac{m}{k} = \frac{e}{g}$ । অর্থাৎ, উল্লম্ব স্প্রিং ভর ব্যবস্থায় দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{e}{g}}$ । এখন, ভূস্থির উপগ্রহে g = 0, তাই T অসীম হবে। অর্থাৎ ভূস্থির উপগ্রহ অনুভূমিক স্প্রিং ভর ব্যবস্থার দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকলেও উল্লম্ব স্প্রিং ভর ব্যবস্থায় দোলনকাল পরিবর্তিত হয়ে অসীম হয়ে যায়।

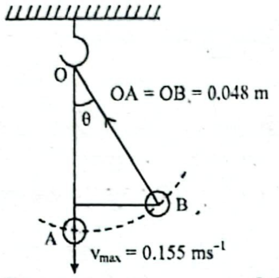
গ পেন্ডুলামটি 1 s সময়ে বামদিক হতে ডান দিকে যায়, অর্থাৎ পেন্ডুলামটির অর্ধদোলনকাল 1 s।

∴ পেন্ডুলামটির দোলনকাল, T = 2 s অর্থাৎ, ঘড়িটি সেকেন্ড দোলক।

বাকি অংশ: ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 7.416 km

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: কার্যকরী দৈর্ঘ্য 0.233 cm কমাতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৮ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৬



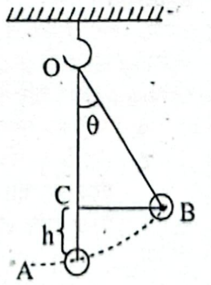
ত্রে সরল দোলকটির জন্য সাম্যাবস্থা থেকে নির্দিষ্ট সরণে, গতিশক্তি = বিভবশক্তি।

ক. বল ধ্রুবকের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. ইস্পাত রাবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. θ-এর মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের মন্তব্যটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোন স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য একক পরিমাণ পরিবর্তন করলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে দৈর্ঘ্য পরিবর্তনের বিপরীতে যে প্রত্যয়নী বলের উদ্ভব হয় তাকে স্প্রিং এর বল ধ্রুবক বলে।

খ নির্দিষ্ট আকারের রাবারের টুকরাতে সামান্য বিকৃতি ঘটাতে যে বল প্রয়োগ করতে হয়। সম আকারের ইস্পাতের টুকরাতে একই বিকৃতি ঘটাতে অনেক বেশি বল প্রয়োগ করতে হয়। অর্থাৎ রাবারের তুলনায় ইস্পাতের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বেশি বলে ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক।



গ B বিন্দুর উচ্চতা AC = h হলে,
B বিন্দুতে সর্বোচ্চ বিভব শক্তি,
$E_p = mgh$ ।
A বিন্দুতে সর্বোচ্চ গতিশক্তি,
$E_k = \frac{1}{2}mv^2_{max}$

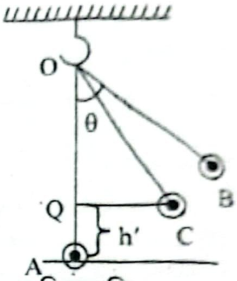
শর্তমতে, $E_k = E_p$
বা, $\frac{1}{2}mv^2_{max} = mgh$
বা, $v^2_{max} = 2gh$
বা, $h = \frac{v^2_{max}}{2g}$
বা, $h = \frac{(0.155)^2}{2 \times 9.8}$ ∴ h = 0.00123 m

এখানে,
দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য, L = OA = OB = 0.048 m
A বিন্দুতে সর্বোচ্চ বেগ,
$v_{max} = 0.155\ ms^{-1}$
$g = 9.8\ ms^{-2}$

∴ OC = (0.048 − 0.00123) m = 0.047 m

ΔOBC-এ $\cos\theta = \frac{OC}{OB}$
বা, $\cos\theta = \frac{0.047}{0.048} = 0.979$ ∴ $\theta = \cos^{-1}(0.979) = 11.716°$ **(Ans.)**

ঘ ধরি, সাম্যবস্থা থেকে h' উচ্চতায় C বিন্দুতে দোলকটির গতিশক্তি ও বিভবশক্তি সমান হবে।



এখন,
C বিন্দুতে বিভবশক্তি,
$E_p = mgh'$
C বিন্দুতে গতিশক্তি,

E_k = দোলকের মোট শক্তি − ঐ বিন্দুতে দোলকের বিভবশক্তি
$= \frac{1}{2}mv^2_{max} - mgh'$

শর্তানুসারে,
$E_p = E_k$
বা, $mgh' = \frac{1}{2}m^2v^2_{max} - mgh'$
বা, $\frac{1}{2}mv^2_{max} = 2mgh'$
বা, $h' = \frac{v^2_{max}}{4g} = \frac{(0.155)^2}{4 \times 9.8} = 6.13 \times 10^{-4}$ m.

∴ দোলকটির 6.13×10^{-4} m উল্লম্ব সরণে বিভবশক্তি ও গতিশক্তি সমান হবে। তাই উদ্দীপকের মন্তব্যটি সত্য।

প্রশ্ন ▸ ১৯ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৭

একটি সেকেন্ড দোলকের সিলিন্ডার আকৃতির বব পানিপূর্ণ অবস্থায় আছে। ববের দৈর্ঘ্য 8 cm।

ক. স্পন্দন গতি কাকে বলে? ১
খ. সকল পর্যায়বৃত্ত গতি সরল দোলন গতি নয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ববটি অর্ধেক খালি করলে তখন দোলকটি দ্রুত না ধীরে চলবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করে মতামত দাও। ৪

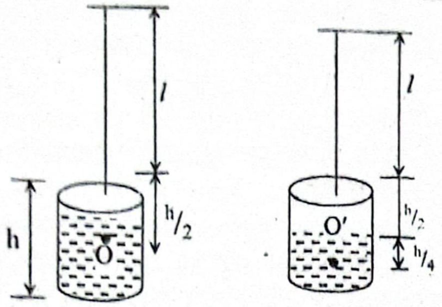
১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি তার পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে বিপরীত দিকে চলে তবে এর গতিকে স্পন্দন গতি বলে।

খ সংজ্ঞানুসারে সকল সরল ছন্দিত গতিই পর্যাবৃত্ত গতি, কেননা সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কোন কণা এর গতিপথের যেকোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় অন্তর একই দিক থেকে অতিক্রম করে। কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত গতি সরল ছন্দিত নয়। যেমন- ঘড়ির কাঁটার গতি পর্যাবৃত্ত কিন্তু তা সরল দোলগতির শর্ত পুরণ করে না। সকল সরল দোল গতি স্পন্দন গতি, কিন্তু ঘড়ির কাঁটার গতি স্পন্দন গতি নয়, কেননা এর পর্যায়কালের পুরো সময়টা একই দিকে চলে। আবার সরলদোল গতি সরলরৈখিক হয়। কিন্তু ঘড়ির কাঁটার গতি বৃত্তাকার, সরল দোলগতিসম্পন্ন কণার ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক ($a \propto -x$), কিন্তু বৃত্তীয় গতির ত্বরণ $a = \frac{v^2}{r}$ যা সরল দোলগতির শর্তপূরণ করে না। আবার, অধিক বিস্তারে দোলায়মান দোলকের গতি স্পন্দন গতি হলেও সরল ছন্দিত নয়। তাই সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল দোলন গতি নয়।

গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ 'গ' থেকে পাই, সেকেন্ড দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য, L = 0.993 m
ববের দৈর্ঘ্য, h = 8 cm = 0.08 m
ববটি পানিপূর্ণ অবস্থায় থাকলে ববের ভারকেন্দ্র O বিন্দুতে থাকবে। এ ক্ষেত্রে সুতার দৈর্ঘ্য l হলে, কার্যকরী দৈর্ঘ্য, $L = l + \frac{h}{2}$



বা, $0.993 = l + \frac{0.08}{2}$

বা, $l = (0.993 - 0.04)$ m

$\therefore l = 0.953$ m

ববটি অর্ধেক খালি করলে ববের ভারকেন্দ্রে O থেকে O′ বিন্দুতে নেমে যায়। ববের ভারকেন্দ্রের সরণ, $r = OO' = \frac{h}{2} - \frac{h}{4} = \frac{h}{4}$ m

∴ দোলকের নতুন কার্যকরী দৈর্ঘ্য,

$$L' = l + \frac{h}{2} + r \quad = 0.953 + \frac{h}{2} + \frac{h}{4}$$

$$= 0.953 + \frac{0.08}{2} + \frac{0.08}{4} = 1.013 \text{ m}$$

এ অবস্থায় পরিবর্তিত দোলনকাল T′ হলে,

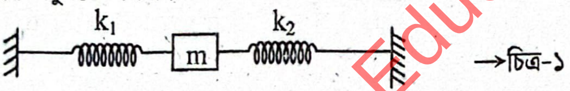
$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{L'}{g}}$$

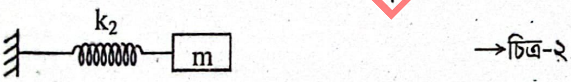
বা, $T' = 2\pi\sqrt{\frac{1.013}{9.8}} = 2.02$ s

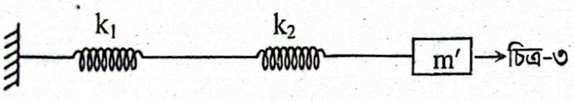
দেখা যাচ্ছে, T′ > 2 s। অর্থাৎ, ববটি অর্ধেক খালি করায় দোলনকাল বেড়ে গেছে। তাই বলা যায়, ববটি অর্ধেক খালি করলে তখন দোলকটি ধীরে চলবে।

প্রশ্ন ▸ ২০ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৬

দুটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক $k_1 = 1000$ Nm^{-1} এবং $k_2 = 2000$ Nm^{-1}. m = 4.5 kg ও m′ ভরের দুটি বস্তু চিত্র অনুসারে যুক্ত থেকে মসৃণ মেঝেতে দুলতে সক্ষম।







ক. ভূস্থির উপগ্রহ কাকে বলে? ১

খ. সরল দোলগতি পর্যাবৃত্ত গতি; কিন্তু পর্যাবৃত্ত গতি সরল দোলগতি নয়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ২নং চিত্রে স্প্রিং-এর কৌণিক কম্পাঙ্ক কত হবে? ৩

ঘ. m′ = 1 kg হলে উদ্দীপকের ১ নং ও ৩ নং চিত্রের স্প্রিংগুলোর পর্যায়কাল সমান হবে– বক্তব্যটি যাচাই করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের দিকের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘন্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু পৃথিবী থেকে একজন পর্যবেক্ষকের কাছে স্থির মনে হবে। এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূস্থির উপগ্রহ বলে।

খ কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি তার গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে তাকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। আবার কোনো দোলনরত কণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে এর সরণের সমানুপাতিক এবং সবসময় সাম্যাবস্থান অভিমুখী হলে তাকে সরলদোলন গতি বলে। সকল পর্যাবৃত্ত গতির মধ্যে এই বৈশিষ্ট্যগুলো থাকে না। কিন্তু সকল সরলদোলন গতির মধ্যে পর্যাবৃত্ত গতির সকল বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান থাকে। তাই সকল সরল দোলগতি পর্যাবৃত্ত গতি; কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল দোল গতি নয়।

গ আমরা জানি, কৌণিক কম্পাঙ্ক

$$\omega = \sqrt{\frac{k_2}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2000}{4.5}} = 21.08 \text{ rads}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
বস্তুটির ভর, m = 4.5 kg
স্প্রিং ধ্রুবক,
$k_2 = 2000$ Nm^{-1}
কৌণিক কম্পাংক, ω = ?

ঘ ১ নং চিত্রে স্প্রিং দুটি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত।

সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক k হলে ও স্প্রিং দুইটির স্প্রিং ধ্রুবক k_1 ও k_2 হওয়ায় আমরা পাই,

$k = k_1 + k_2$

আমরা জানি, স্প্রিং এর পর্যায়কাল,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, m = 4.5 kg
ও m′ = 1 kg
$k_1 = 1000$ Nm^{-1}
$k_2 = 2000$ Nm^{-1}
$T_1 = ?$
$T_3 = ?$

$$\therefore T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}} = 2\pi\sqrt{\frac{4.5}{1000 + 2000}} = 0.243 \text{ s}$$

৩ নং চিত্রে স্প্রিং দুটি শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত।

আবার, শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে k_1 ও k_2 স্প্রিংদ্বয়ের তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক k′ হলে,

$$\frac{1}{k'} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} = \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2}$$

$$\therefore k' = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

আমরা জানি, স্প্রিং এর পর্যায়কাল,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m'}{k'}} \quad \therefore T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{m'(k_1 + k_2)}{k_1 k_2}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{1\,(1000 + 2000)}{1000 \times 2000}} = 0.243 \text{ s}$$

$T_1 = T_3 = 0.243$ s ∴ m′ = 1 kg হলে উদ্দীপকের ১ ও ৩ নং স্প্রিং গুলোর পর্যায়কাল সমান হবে।

প্রশ্ন ▸ ২১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৭

একটি সেকেন্ড দোলক ভূ-পৃষ্ঠে সঠিক সময় দেয়। শামীম দোলকটি উপগ্রহে নিয়ে গেল, যার ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের $\frac{1}{4}$ গুণ এবং ভর পৃথিবীর ভরের $\frac{1}{50}$ গুণ। পৃথিবীর ভর 5.99×10^{24} kg।

◂ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. সেকেন্ড দোলক কী? ১

খ. শীতকালে দোলক ঘড়ি দ্রুত না ধীরে চলে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উপগ্রহটির পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 'দোলকটি উপগ্রহের পৃষ্ঠে পৃথিবীর তুলনায় ধীরে চলে'– গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উক্তিটির যথার্থতা যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড, তা-ই সেকেন্ড দোলক।

খ সরল দোলকের দোলনকাল সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে, কোনো সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য কমে গেলে দোলনকাল কমে যায়। অর্থাৎ দোলকটি দ্রুত চলবে। দোলক ঘড়ি ধাতুর তৈরি হওয়ায় শীতকালে তাপমাত্রা হ্রাস পেলে এর দৈর্ঘ্য সংকোচন ঘটে। আর তাই সরলদোলকের সূত্রানুযায়ী দোলনকালও কমে যায় অর্থাৎ দোলক ঘড়ি দ্রুত চলে।

গ আমরা জানি, অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

উপগ্রহটির ক্ষেত্রে, $g_m = \frac{GM_m}{R_m^2}$ ..... (i)

এখানে,
পৃথিবীর ভর = M_e
এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ = R_e
∴ উপগ্রহের ভর, $M_m = \frac{M_e}{50}$

পৃথিবীর ক্ষেত্রে, $g_e = \frac{GM_e}{R_e^2}$ ...... (ii)

(i) নং সমীকরণকে (ii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,

$$\frac{g_m}{g_e} = \frac{GM_m}{R_m^2} \times \frac{R_e^2}{GM_e}$$

$$g_m = g_e \times \frac{M_m}{M_e} \times \frac{R_e^2}{R_m^2}$$

$$= 9.8 \times \frac{M_e/50}{M_e} \times \frac{R_e^2 \times 4^2}{R_e^2} = 3.136\ ms^{-2}\ \text{(Ans.)}$$

∴ উপগ্রহের ব্যাসার্ধ,
$R_m = \frac{R_e}{4}$
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g_e = 9.8\ ms^{-2}$
উপগ্রহটির পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_m = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, উপগ্রহটির পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ $g = 3.136\ ms^{-2}$ পৃথিবী পৃষ্ঠে দোলনকাল T_e হলে,

$T_e = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_e}}$ ....(i) [এখানে L হলো সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য ও g_e হলো পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ।]

আবার, উক্ত উপগ্রহে সরল দোলকটির পর্যায়কাল T হলে, [এখানে, g হলো উক্ত উপগ্রহের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ।]

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ....(ii)

(ii) নং সমীকরণকে (i) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে আমরা পাই,

$$\frac{T}{T_e} = \sqrt{\frac{g_e}{g}}$$

$$\text{বা, } \frac{T}{2} = \sqrt{\frac{9.8}{3.136}}$$

$$\therefore T = 3.5355\ s$$

এখানে,
পৃথিবীতে দোলনকাল $T_e = 2\ s$
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_e = 9.8\ ms^{-2}$
উপগ্রহের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 3.136\ ms^{-2}$

যেহেতু $T > T_e$

∴ দোলকটি উপগ্রহের পৃষ্ঠে পৃথিবীর তুলনায় ধীরে চলে– উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ২২ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭

দুইটি সেকেন্ড দোলকের ববের ভর যথাক্রমে 80 gm ও 110 gm। রায়হান ও পাভেল পৃথকভাবে দোলক দুটিকে 12 cm বিস্তারে দুলতে দিল। রায়হান মন্তব্য করলো তার দোলকটি বেশি শক্তি অর্জন করবে।

ক. সেকেন্ড দোলক কী? ১
খ. সীসার আয়তন গুণাঙ্ক $1.6 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$ বলতে কী বুঝো? ২
গ. সাম্যাবস্থান হতে 10 cm দূরে পাভেলের দোলকটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে রায়হানের মন্তব্যের সঠিকতা যাচাই করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তা-ই সেকেন্ড দোলক।

খ কঠিন বস্তুর আয়তন গুণাঙ্ক এর আয়তন পীড়ন ও আয়তন বিকৃতির অনুপাতের সমান। সীসার আয়তন গুণাঙ্ক $1.6 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$ বলতে বুঝায়, বাহ্যিক বল প্রয়োগে কিছু পরিমাণ সীসার আয়তন পরিবর্তন করা হলে উদ্ভূত আয়তন পীড়ন এবং আয়তন বিকৃতির অনুপাত হবে $1.6 \times 10^{10} Nm^{-2}$

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $0.208\ ms^{-1}$।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: রায়হানের দোলকের শক্তি পাভেলের দোলক থেকে বেশি নয়, কম। এজন্য রায়হানের মন্তব্য ভুল।

প্রশ্ন ▶ ২৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭

ভূ-পৃষ্ঠে একটি সেকেন্ড- দোলক সঠিক সময় দেয়। এটিকে একটি খনিগর্ভে নিয়ে গেলে দৈনিক 20 sec ধীরে চলে। কিন্তু একটি পাহাড়ের শীর্ষে নিয়ে গেলে দৈনিক 1 মিনিট (এক মিনিট) ধীরে চলে। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km। *◄ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে*

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. কম্পনশীল সুরশলাকার বাহুর স্পন্দন একটি সরল ছন্দিত স্পন্দন– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে দোলকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।
ঘ. খনির গভীরতা ও পাহাড়ের উচ্চতা গাণিতিকভাবে তুলনা করো।

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থান হতে এক একক দৈর্ঘ্য প্রসা বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে ঐ স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ আমরা জানি, কোনো বস্তু কণার গতি যদি পর্যাবৃত্ত গতি স্পন্দন গতি হয়, সরলরৈখিক গতি হয়, ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক হয় এবং ত্বরণ সর্বদাই সাম্যাবস্থান অভিমুখী তাহলে তার গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি বলে কম্পনশীল সুরশলাকার ক্ষেত্রেও দেখা যায়, এটি পর্যাবৃত্ত ও স্পন্দন গতিপথ সরলরৈখিক, ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক ও দিক বিপরীত। সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির সব বৈশিষ্ট্যই কম্পনশীল সুরশলাকার বিদ্যমান থাকায় কম্পনশীল সুরশলাকার বাহুর স্পন্দন সরল ছন্দিত স্পন্দন

গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ খনিতে সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল T_1 s হলে,

$$T_1 = \frac{2 \times 86400}{86400 - n_1} = \frac{2 \times 86400}{86400 - 20} = 2.000463\ s$$

এখানে,
খনিতে ধীরে চলে, $n_1 = 20s$
পৃথিবীতে দোলনকাল, $T = 2s$
ভূপৃষ্ঠে $g = 9.8\ ms^{-2}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\ km$

খনিতে অভিকর্ষজ ত্বরণ g_1 হলে,

$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_1}}$ ....(i)

এখানে, L হলো সরল দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য। পৃথিবী পৃষ্ঠে T ও অভিকর্ষজ ত্বরণ g হলে,

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ....(ii)

সমীকরণ (i) ÷ (ii) করে পাই,

$$\frac{T_1}{T} = \sqrt{\frac{g}{g_1}}\ \text{বা, } \left(\frac{2.000463}{2}\right)^2 = \frac{9.8}{g_1}\ \text{বা, } 1.000463 = \frac{9.8}{g_1}$$

$$\therefore g_1 = 9.79546\ ms^{-2}$$

খনির গভীরতা h হলে,

$$g_1 = g\left(1 - \frac{h}{R}\right)$$

$$\text{বা, } \frac{g_1}{g} = 1 - \frac{h}{R}$$

$$\text{বা, } \frac{h}{R} = 1 - \frac{g_1}{g}$$

$$\text{বা, } h = R\left(1 - \frac{g_1}{g}\right) \therefore h = 6400\left(1 - \frac{9.79546}{9.8}\right) = 2.9626\ km$$

পাহাড়ের শীর্ষে সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল T_2 s হলে,

$$T_2 = \frac{2 \times 86400}{86400 - n_2} = \frac{2 \times 86400}{86400 - 60} = 2.00139\ s$$

এখানে,
পাহাড়ের শীর্ষে ধীরে চলে,
$n_2 = 1\ min = 60\ s$
ভূপৃষ্ঠে দোলনকাল, $T = 2\ s$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\ km$

পাহাড়ের উচ্চতা h' হলে,

$$h' = \left(\frac{T_2}{T} - 1\right)R = \left(\frac{2.00139}{2} - 1\right)6400 = 4.4475\ km$$

এখানে, h' > h। সুতরাং পাহাড়ের উচ্চতা খনির গভীরতার চে (4.4475– 2.9626) = 1.4849 km বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং

নাফিস পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষাগারে 550 gm ভরের একটি বস্তুকে এক ঝুলন্ত সুতার একপ্রান্তে বেঁধে দোল দিয়ে দেখলো যে, এটি 5 সেকেন্ডে বার স্পন্দিত হচ্ছে। দোলনের কোনো এক সময় বস্তুটির সরণ এবং দোলনের বিস্তার 11 cm। *◄ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে*

ক. পর্যাবৃত্ত গতি কী?
খ. পৃথিবী নিজ অক্ষের সাপেক্ষে সমগতিতে আবর্তনরত হলে সূর্যের চারপাশে নয়– ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত সরণকালে বস্তুটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উল্লিখিত সরণের জন্য বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল বল বস্তুর ওজন অপেক্ষা কম কিনা– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল কোনো বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে তা এর গতিপথের যেকোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে বস্তুকণার সেই গতিই পর্যাবৃত্ত গতি।

খ পৃথিবীর নিজ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন বা আবর্তন সমদ্রুতির কারণ, পৃথিবী নিজ অক্ষের সাপেক্ষে বৃত্তাকার পথে পরিভ্রমণ করে। এজন্য তার দ্রুতি সর্বদা একই থাকে।

কিন্তু সূর্যের চারপাশে পৃথিবী সমদ্রুতিতে আবর্তন করে না। কারণ পৃথিবী সূর্যকে একটি উপবৃত্তের ফোকাসে রেখে উপবৃত্তাকার পথে পরিভ্রমণ করে। ফলে কখনও সূর্যের নিকটে আসে, আবার কখনও সূর্য থেকে দূরে সরে যায়। সূর্যের কাছে আসলে পৃথিবীর দ্রুতি বেড়ে যায়। আবার, সূর্য থেকে যত দূরে যায়, এর দ্রুতি ততই কমতে থাকে। দ্রুতির মান সব সময় পরিবর্তিত হয় বলে সূর্যের চারপাশে পৃথিবীর গতি সমদ্রুতি নয়। তাই পৃথিবী নিজ অক্ষের সাপেক্ষে সমদ্রুতিতে আবর্তনরত হলেও সূর্যের চারপাশে নয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $0.348\ \text{ms}^{-1}$

ঘ বস্তুটি 3 বার স্পন্দিত হয় 5s এ

$\therefore$ বস্তুটি 1 বার স্পন্দিত হয় $\frac{5}{3}$ s এ

$\therefore$ দোলনকাল, T = 1 বার স্পন্দনের সময় $= \frac{5}{3}$ s

কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{5}{3}} = 3.77\ \text{rads}^{-1}$

উল্লিখিত সরণের জন্য বস্তুটির ত্বরণের মান a হলে,

$$a = \omega^2 x = (3.77)^2 \times 0.06 = 0.85277\ \text{ms}^{-2}$$

বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F = ma = 0.55 \times 0.85277 = 0.469\ \text{N}$$

এখানে,
সরণ, $x = 6\ \text{cm} = 0.06\ \text{m}$
ভর, $m = 550\ \text{g} = 0.55\ \text{kg}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ \text{m.s}^{-2}$

বস্তুর ওজন, $W = mg = 0.55 \times 9.8 = 5.39\ \text{N}$

দেখা যাচ্ছে, $F < W$

সুতরাং, উল্লিখিত সরণের জন্য বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল বস্তুর ওজন অপেক্ষা কম।

প্রশ্ন ▸ ২৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৭

একটি সেকেন্ড দোলক ভূ-পৃষ্ঠে সঠিক সময় দেয়। দোলকটিকে একবার ভূ-পৃষ্ঠ হতে 100 km গভীরে একটি বিন্দু A-তে নেওয়া হলো, আবার ভূ-পৃষ্ঠ হতে 100 km উপরে একটি বিন্দু B-তে নেওয়া হলো। দোলনকাল পর্যবেক্ষণ করে দেখা গেলো উভয় স্থানেই দোলক ঘড়িটি ধীরে চলে। [পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $R = 6.4 \times 10^6$ m; ভূ-পৃষ্ঠে $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$]

ক. কৌণিক কম্পাঙ্ক কাকে বলে? ১

খ. একটি ফাঁপা গোলক পিণ্ডকে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে এর পর্যায়কালের উপর কী প্রভাব পড়বে? ব্যাখ্যা করো। ২

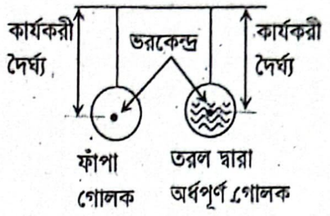
গ. উদ্দীপকের দোলকটির সুতার দৈর্ঘ্য 99 cm হলে এর ববের ব্যাসার্ধ কত? ৩

ঘ. A ও B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে কোন বিন্দুতে দোলক ঘড়িটি অধিকতর ধীরে চলবে? তা দোলনকাল নির্ণয়পূর্বক মতামত দাও। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরল ছন্দিত গতিতে স্পন্দনরত কোন কণা একক সময়ে যে কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে কৌণিক কম্পাঙ্ক বলে।

খ একটি ফাঁপা গোলককে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে এটি ধীরে চলবে। কারণ ফাঁপা গোলকের ভরকেন্দ্র এর কেন্দ্রে অবস্থিত থাকে। কিন্তু তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে এর ভরকেন্দ্র নিচে নেমে আসে। ফলে কার্যকরী দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। এই কারণেই গোলকটি ধীরে চলবে।



গ এখানে, ভূ-পৃষ্ঠে,
দোলকটির পর্যায়কাল, T = 2 s [∵ সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল 2 s].
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
সুতার দৈর্ঘ্য, $l = 99\ \text{cm} = 0.99\ \text{m}$
ধরি, দোলকটির ববের ব্যাসার্ধ = r
$\therefore$ দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য, $L = l + r$

আমরা জানি, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

বা, $T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g}$

বা, $L = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$ বা, $l + r = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$

বা, $0.99 + r = \frac{(2)^2 \times (9.8)}{4 \times (3.1416)^2}$

বা, $0.99 + r = 0.99294$

বা, $r = 0.99294 - 0.99 = 0.00294$ m

$\therefore r = 0.294$ cm **(Ans.)**

ঘ ধরি, দোলকের পরিবর্তিত কার্যকরী দৈর্ঘ্য = L

B বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_1 = \left(\frac{R}{R + h_1}\right)^2 \times g = \left(\frac{6.4 \times 10^6}{6.4 \times 10^6 + 100 \times 10^3}\right)^2 \times 9.8$$

$\therefore g_1 = 9.5\ \text{ms}^{-2}$

A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_2 = \left(1 - \frac{h_2}{R}\right) \times g = \left(1 - \frac{100 \times 10^3}{6.4 \times 10^6}\right) \times 9.8$$

$\therefore g_2 = 9.65\ \text{ms}^{-2}$

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$
B বিন্দুর উচ্চতা,
$h_1 = 100\ \text{km} = 100 \times 10^3\text{m}$
A বিন্দুতে গভীরতা,
$h_2 = 100\ \text{km} = 100 \times 10^3\text{m}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m

মনে করি, B বিন্দুতে এবং A বিন্দুতে দোলকের দোলনকাল যথাক্রমে T_1 ও T_2

$$\therefore T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_1}} \text{ ---------------------------- } (1)$$

$$\text{এবং } T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_2}} \text{ ---------------------------- } (2)$$

সমীকরণ (1) নং কে (2) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,

$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{g_2}{g_1}}$ বা, $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{9.65}{9.5}}$ বা, $\frac{T_1}{T_2} = 1.0073$

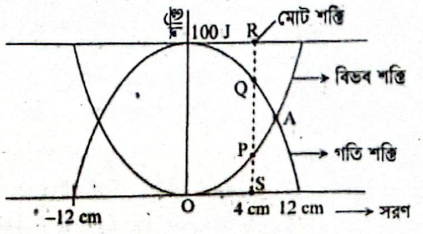
$\therefore T_1 = 1.0073 \times T_2$

$\because T_1 > T_2$ অর্থাৎ B বিন্দুতে দোলনকাল বেশি।

সুতরাং B বিন্দুতে দোলকটি অধিকতর ধীরে চলবে।

প্রশ্ন ▸ ২৬ সিলেট বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৭

নিচের উদ্দীপকে একটি সরল দোলগতি সম্পন্ন কণার শক্তি বনাম সরণের লেখচিত্র দেওয়া হলো:



ক. শিশিরাঙ্ক কাকে বলে? ১

খ. গ্যাসের গতিতত্ত্ব বয়েলের সূত্রকে সমর্থন করে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A বিন্দুতে কণাটির সরণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত তথ্যমতে, P, Q এবং R বিন্দুতে শক্তির নিত্যতা সূত্রটি প্রযোজ্য কিনা– তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে।

খ বয়েল এর সূত্রানুযায়ী, স্থির তাপমাত্রায় 1টি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর চাপের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ গ্যাসের চাপ P ও আয়তন V হলে $V \propto \frac{1}{P}$ বা PV = ধ্রুবক। গতিতত্ত্ব অনুসারে গ্যাসের চাপ $P = \frac{1}{3}\frac{mnC^2_{rms}}{V}$ [m = অণুর ভর, n = অণুর সংখ্যা ও C^2_{rms} = গ্যাসের মূল গড় বর্গ বেগ] [$\because mn = M$]

বা, $PV = \frac{1}{3}mnC^2_{rms} = \frac{1}{3}MC^2_{rms} = \frac{2}{3}\times\frac{1}{2}MC^2_{rms} = \frac{2}{3}E$ .. (i)

এখানে, E হলো গ্যাস অণুসমূহের মোট গতিশক্তি। তাপমাত্রা স্থির থাকলে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের গতিশক্তি স্থির থাকে। অর্থাৎ মোট গতিশক্তি, E = ধ্রুবক। এজন্য (i)নং সমীকরণ থেকে বলা যায়। PV = ধ্রুবক বা $V \propto \frac{1}{P}$। এটিই হলো বয়েলের সূত্র। এজন্য গ্যাসের গতিতত্ত্ব বয়েলের সূত্রকে সমর্থন করে।

গ লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, A বিন্দুতে কণার বিভবশক্তি ও গতিশক্তি সমান।

আমরা জানি, সরলদোল গতি সম্পন্ন কণার ক্ষেত্রে,

বিভবশক্তি, $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ ও গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$

[x = কণার সরণ
A = কণার বিস্তার]

প্রশ্নমতে, $E_p = E_k$

বা, $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$

বা, $x^2 = A^2 - x^2$

বা, $2x^2 = A^2$

বা, $x = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{12}{\sqrt{2}}$ cm = 8.485 cm

এখানে,
লেখচিত্র থেকে পাই,
কণার বিস্তার A = 12 cm

∴ A বিন্দুতে কণাটির সরণ 8.485 cm **(Ans.)**

ঘ লেখচিত্র থেকে পাই, মোট শক্তি, E = 100 J

বিস্তার, A = 12 cm = 0.12 m

বল ধ্রুবক k হলে, মোট শক্তি, $E = \frac{1}{2}kA^2$

বা, $100 = \frac{1}{2}k(0.12)^2$

বা, $k = \frac{100 \times 2}{(0.12)^2} = 13888.889 \text{ Jm}^{-2}$

P বিন্দুতে কণার সরণ, x = 4 cm = 0.04 m

P বিন্দুতে কণার বিভবশক্তি, $E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}\times 13888.889 \times (0.04)^2$
$= 11.1111$ J

Q বিন্দুতে কণার সরণ, x = 4c m = 0.04 m

∴ Q বিন্দুতে কণার গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$

$= \frac{1}{2}\times 13888.889 \times \{(0.12)^2 - (0.04)^2\} = 88.8889$ J

∴ সাম্যাবস্থান থেকে 4 cm দূরে কণার মোট শক্তি,

E = P বিন্দুতে বিভবশক্তি + Q বিন্দুতে গতিশক্তি
$= E_p + E_k$
$= 11.1111 + 88.8889$
= 100 J = R বিন্দুতে কণার মোট শক্তি।

সুতরাং, বলা যায়, P, Q ও R বিন্দুতে শক্তির নিত্যতা সূত্রটি প্রযোজ্য।

প্রশ্ন ▸ ২৭ যশোর বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং

একটি সেকেন্ড দোলককে পাহাড়ের পাদদেশ থেকে চূড়ায় নিয়ে যাওয়া হলে দিনে 50 sec সময় হারায়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km, অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8 ms^{-2}.

ক. পর্যায়কাল কাকে বলে?

খ. একটি স্প্রিংয়ের স্প্রিং ধ্রুবক 2.5 Nm^{-1} বলতে কী বোঝায়?

গ. উদ্দীপকের পাহাড়ের চূড়ায় সরল দোলকের দোলনকাল নির্ণয় করো।

ঘ. কী কৌশল অবলম্বন করলে উদ্দীপকের দোলকটি পাহাড়ের চূড়ায়ও সেকেন্ড দোলকের ন্যায় আচরণ করবে? গাণিতিক যুক্তিসহ উত্তর দাও।

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো কণা নির্দিষ্ট সময় পরপর কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে যদি নির্দিষ্ট দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে সেই চক্র সম্পন্ন করতে প্রয়োজনীয় সময়কে পর্যায়কাল বলে।

খ একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2.5 Nm^{-1} বলতে বুঝায় যে, সাম্যাবস্থান থেকে স্প্রিংটির মুক্ত প্রান্তের 1m সরণ ঘটানো হলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে 2.5N প্রত্যয়নী বল উদ্ভূত হয়। অর্থাৎ ঐ অবস্থা বজায় রাখতে হলে বাইরে থেকে 2.5N বল স্প্রিং এর সরণের দিকে বা সাম্যাস্থানের বিপরীতে প্রয়োগ করতে হবে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের প্রথম অংশের অনুরূপ।

উত্তর: 2.001158 s

ঘ আমরা জানি,

$h = R\left(\frac{T'}{T} - 1\right)$

বা, $h = 6.4 \times 10^6\left(\frac{2.001158}{2} - 1\right)$

∴ h = 3705.6 m

এখানে,
সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল,
T = 2 s
পাহাড়ের চূড়ায় দোলনকাল
T′ = 2.001158 s ('গ' হতে)
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6400 \text{ km} = 6.4 \times 10^6$ m
পাহাড়ের উচ্চতা, h = ?

পাহাড়ের পাদদেশের তুলনায় শীর্ষদেশে অভিকর্ষজ ত্বরণ যেহেতু কম, তাই কার্যকর দৈর্ঘ্যও সামান্য কমাতে হবে যাতে $\frac{L}{g}$ অনুপাতটি সমন্বয় সাধনের মাধ্যমে পুনরায় T = 2 sec হয়।

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{বা, } T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g}$$

∴ পাহাড়ের পাদদেশে কার্যকর দৈর্ঘ্য, $L = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{(2)^2 \times 9.8}{4 \times 9.87} = 0.9929$ m

সেকেন্ড দোলক হিসেবে পাহাড়ের শীর্ষদেশে কার্যকর দৈর্ঘ্য L′ হলে, সমান পর্যায় কালের জন্য,

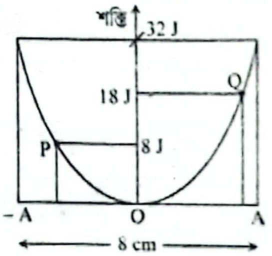
$$\frac{L'}{L} = \frac{g'}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2} \quad [\because T \text{ ধ্রুবক হলে, } L \propto g]$$

$$\therefore L' = \frac{R^2 L}{(R+h)^2} = \left(\frac{6.4 \times 10^6}{6.4 \times 10^6 + 3705.6}\right)^2 \times 0.9929$$
$$= 0.99175 \text{ m}$$

সুতরাং দোলকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য সামান্য কমিয়ে 0.99175 m করা হলে পাহাড়ের চূড়ায়ও সেকেন্ড দোলকের ন্যায় আচরণ করবে।

প্রশ্ন ▸ ২৮ বরিশাল বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং

একটি আদর্শ স্প্রিং এর শক্তির পরিবর্তন লেখচিত্রে দেখানো হলো:



ক. দশা কী?

খ. সরল ছন্দিত স্পন্দন বলতে কী বুঝ?

গ. স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক নির্ণয় করো।

ঘ. P এবং Q বিন্দুতে স্প্রিংটির বেগের মানের তুলনা করো।

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা (সরণ, বেগ, ত্বরণ) প্রকাশকারী রাশি-ই হলো দশা।

খ পর্যাবৃত্ত গতি সম্পন্ন কোনো কণার যদি গতিপথ সরলরৈখিক হয় এবং ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে এর সরণের সমানুপাতিক হয় ও ত্বরণ সর্বদায় সাম্যাবস্থান অভিমুখী হলে, ওই কণার গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি বলে। সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির ক্ষেত্রে $a \propto -x$ ও $F \propto -x$ হয় অর্থাৎ সরল ছন্দিত স্পন্দনের ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী।

গ লেখচিত্র থেকে পাই, স্প্রিং এর মোট শক্তি, $E = 32$ J

বিস্তার, $A = \frac{8}{2}$ cm $= 4$ cm $= 0.04$ m

স্প্রিং ধ্রুবক k হলে,

স্প্রিংয়ের মোট শক্তি, $E = \frac{1}{2}kA^2$

বা, $32 = \frac{1}{2}k \times (0.04)^2$

বা, $k = \frac{32 \times 2}{(0.04)^2} = 40{,}000$ Nm^{-1} **(Ans.)**

ঘ লেখচিত্র থেকে পাই, স্প্রিং এর মোট শক্তি, $E = 32$ J

বিস্তার $A = \frac{8}{2}$ cm

$= 4$ cm

$= 0.04$ m

এখানে,
P বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_P = 8$ J
Q বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_Q = 18$ J
'গ' থেকে পাই, স্প্রিং ধ্রুবক,
$k = 40{,}000$ Nm^{-1}

P বিন্দুর সরণ x_p হলে,

$E_P = \frac{1}{2}kx_p^2$

বা, $x_p = \sqrt{\frac{2E_P}{k}} = \sqrt{\frac{2 \times 8}{40000}}$

$= 0.02$ m

একইভাবে, Q বিন্দুর সরণ x_Q হলে,

$E_Q = \frac{1}{2}kx_Q^2$

বা, $x_Q = \sqrt{\frac{2E_Q}{k}} = \sqrt{\frac{2 \times 18}{40000}} = 0.03$ m

P বিন্দুতে বেগ, $V_P = \omega\sqrt{A^2 - x_p^2}$ .... (1)

Q বিন্দুতে বেগ, $V_Q = \omega\sqrt{A^2 - x_Q^2}$ .... (2)

সমীকরণ (1) ÷ (2) করে পাই,

$$\frac{V_P}{V_Q} = \frac{\sqrt{A^2 - x_p^2}}{\sqrt{A^2 - x_Q^2}} = \frac{\sqrt{(0.04)^2 - (0.02)^2}}{\sqrt{(0.04)^2 - (0.03)^2}}$$

বা, $\frac{V_P}{V_Q} = 1.309$ বা, $V_P = 1.309\ V_Q$

দেখা যাচ্ছে, P বিন্দুতে স্প্রিংটির বেগ Q বিন্দুতে স্প্রিংটির বেগের 1.309 গুণ।

প্রশ্ন ▶ ২৯ **ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ▌ প্রশ্ন নং ৭**

একটি স্প্রিংকে (ভর উপেক্ষণীয়) উলম্বভাবে ঝুলিয়ে এর নিচ প্রান্তে 300 gm ভরের একটি বস্তুকে মুক্তভাবে ঝুলিয়ে দিলে এটি 4 cm প্রসারিত হয় এবং বস্তুটিকে একটু টেনে ছেড়ে দিলে 8 cm বিস্তারে এটি স্পন্দিত হয়। [$g = 9.8$ ms^{-2}]

ক. পর্যাবৃত্ত গতি কাকে বলে? ১

খ. কক্ষপথে পৃথিবীর গতি সরলদোলন গতি— ব্যাখ্যা করো। ২

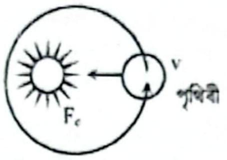
গ. বস্তুটির ত্বরণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বস্তুটির ভর 500 gm হলে স্প্রিংটির কম্পাঙ্কের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল কোন বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে তা এর গতিপথের যেকোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে বস্তুকণার সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে।

খ কক্ষপথে পৃথিবীর গতি সরলদোলন গতি নয়।



সরলদোলন গতির সংজ্ঞা অনুসারে, কোনো বস্তুর গতি সরলদোলন গতি তখনই হবে যখন বল সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হবে। কক্ষপথে পৃথিবী যখন আবর্তনশীল, তখন তার সরণ ঘটে, উপবৃত্তাকার পথে কিন্তু তার উপর কার্যকর একমাত্র বল থাকে কেন্দ্রমুখী বল F_C যা মোটেও সরণের বিপরীতমুখী নয়। চিত্রে v এর দিক যেদিকে দেখাচ্ছে, ঠিক সেদিকেই পৃথিবীর সরণ হচ্ছে। কিন্তু, এজন্য সরণের বিপরীতমুখী কোন বল পাওয়া যাচ্ছে না। তাই কক্ষপথে পৃথিবীর গতি সরলদোলন গতি নয়।

গ আমরা জানি,

সরল ছন্দিত স্পন্দন গতিসম্পন্ন কোন বস্তুর, সাম্যাবস্থা থেকে x দূরত্বে ত্বরণ, $a = -\omega^2 x$

অর্থাৎ, বস্তুর গতিপথে একেক বিন্দুতে এর ত্বরণ একেক রকম হবে।

এখন, $a = -\omega^2 x$

$= -\frac{k}{m}x$; $[\because \omega^2 = \frac{k}{m}]$

এখানে,
বস্তুটির ভর, $m = 300$ gm
$= 0.3$ kg
স্প্রিংয়ের প্রসারণ, $\Delta x = 4$ cm
$= 0.04$ m
স্প্রিংয়ের ওপর প্রযুক্ত বল F = বস্তুর ওজন = mg
$= 0.3 \times 9.8$ N
$= 2.94$ N
বস্তুর ত্বরণ, $a = ?$

$$= -\frac{\frac{F}{\Delta x}}{m} \times x = -\frac{\frac{2.94}{0.04}}{0.3} \times x = -245x \text{ ms}^{-2}$$ **(Ans.)**

ঘ $m_1 = 300$ g $= 0.3$ kg ভর মুক্তভাবে ঝুলানোয় কৌণিক কম্পাঙ্ক ω_1 হলে বস্তুটি ত্বরণ, $a = \omega_1^2 x = -245x$

$\therefore \omega_1^2 = 245$ rad^2 s^{-2}

$\therefore \omega_1 = \sqrt{245}$ rad s^{-1} $= 7\sqrt{5}$ rads^{-1}

আমরা জানি,

$\omega = 2\pi f$, যেখানে f হলো কম্পাঙ্ক।

$\therefore \omega_1 = 2\pi f_1$

বা, $f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{7\sqrt{5}}{2 \times 3.1416} = 2.49$ Hz

আমরা জানি,

$\omega^2 = \frac{k}{m}$.

বস্তুটির ভর $m_2 = 500$ g $= 0.5$ kg
নতুন কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega_2 = ?$

স্প্রিং ধ্রুবক, k ধ্রুব হলে,

$\therefore \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{0.3}{0.5} = \frac{3}{5}$

বা, $\omega_2^2 = \frac{3}{5} \times 245 = 147$

$\therefore \omega_2 = \sqrt{147}$ rads^{-1} $= 7\sqrt{3}$ rads^{-1}

$\therefore$ পরিবর্তিত কম্পাঙ্ক, $f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = \frac{7\sqrt{3}}{2 \times 3.1416}$ Hz $= 1.93$ Hz

$\therefore$ বস্তুটির ভর 500 gm হলে স্প্রিংটির কম্পাঙ্ক $(2.49 - 1.93)$ Hz
$= 0.56$ Hz কমে যেত।

প্রশ্ন ▶ ৩০ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌ প্রশ্ন নং ৬**

নগন্য ভরের 30 cm দীর্ঘ কোনো স্প্রিং এর এক প্রান্ত কোনো দৃঢ় অবলম্বনের সাথে আটকিয়ে অপর প্রান্তে 2 kg ভর ঝুলালে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য 35 cm হয়। ভর সংযুক্ত থাকা অবস্থায় স্প্রিংটিকে টেনে দৈর্ঘ্য 39 cm করে ছেড়ে দেয়া হলো। একজন শিক্ষার্থী 2.24 sec ও 4.48 sec পর বেগ পরিমাপ করল।

ক. পর্যায়কাল কী? ১

খ. সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল কণার বেগ শূন্য হলেও ত্বরণ থাকতে পারে— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. স্প্রিংটির দোলনকাল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উভয়ক্ষেত্রে পরিমাপকৃত বেগ একই হবে কি-না? যাচাই কর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো কণা নির্দিষ্ট সময় পরপর কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে যদি নির্দিষ্ট দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে সেই সময় হলো পর্যায়কাল।

খ বাহ্যিক বল প্রয়োগ না করা হলে সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল কণা আজীবন একই গতিপথে একইভাবে গতিশীল থাকবে। কাজেই, সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল কোনো কণার বেগ শূন্য হলে ত্বরণ শূন্য হওয়া সম্ভব না। কারণ সেক্ষেত্রে, কণাটির গতি-ই রুদ্ধ হবে; কণাটি স্থির হয়ে যাবে। সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল কণা, যেমন সরল দোলকের বব, যখন তার বিস্তার বা সর্বোচ্চ সরণ সম্পন্ন করে তখন তার বেগ শূন্য হয়। কিন্তু সে সময়-ই সাম্যাবস্থার দিকে একটি প্রত্যয়নী বল কাজ করে যার জন্য ববটি আবার সাম্যাবস্থান-এর দিকে যাত্রা শুরু করে। কাজেই, সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল কণার বেগ শূন্য হলেও ত্বরণ থাকতে পারে।

গ আমরা জানি,

স্প্রিং ধ্রুবক, $k = \frac{F}{x} = \frac{19.6}{0.05} Nm^{-1}$

$= 392\ Nm^{-1}$

∴ স্প্রিংয়ের দোলনকাল,

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$= 2 \times 3.1416 \times \sqrt{\frac{2}{392}}\ s$

$= 0.4488\ s$ **(Ans.)**

এখানে,
স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ,
$x = (35 - 30)\ cm$
$= 5\ cm = 0.05\ m$
ঝুলানো ভর, $m = 2\ kg$
প্রযুক্ত বল, $F = mg$
$= 2 \times 9.8\ N = 19.6\ N$
স্প্রিংটির দোলনকাল, $T = ?$

ঘ 30 cm দৈর্ঘ্যের স্প্রিংটিতে 2 kg ভর ঝোলানোর ফলে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য 35 cm হয়। এটিই স্প্রিংটির নতুন সাম্যাবস্থা।

এমন অবস্থায় স্প্রিংটিকে টেনে 39 cm করে ছেড়ে দেওয়া হলে তা সরল ছন্দন গতি প্রাপ্ত হবে এবং দোলনের বিস্তার, $A = (39 - 35)\ cm = 4\ cm = 0.04\ m$, $t = 0\ s$ সময়ে, স্প্রিংয়ে ঝোলানো ভরটি সাম্যাস্থান থেকে 4 cm দূরে অবস্থান করছে এবং সাম্যাবস্থান থেকে সরণ,

$x = A\sin(\omega t + \delta) = 0.04\ m$

বা, $0.04 \sin(\omega \times 0 + \delta) = 0.04$

বা, $\sin\delta = 1$

$\therefore \delta = 90°$

অর্থাৎ আদি দশা $\delta = 90° = \frac{\pi}{2}$

আমরা জানি,

সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দনরত কণার বেগ, $v = \omega A\cos(\omega t + \delta)$

স্প্রিংটির ক্ষেত্রে, কৌণিক কম্পাঙ্ক, ω

$= \sqrt{\frac{k}{m}}$

$= \sqrt{\frac{392}{2}}\ rad/s$

$= 14\ rad/s$

এখানে,
স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক,
$k = 392\ Nm^{-1}$; [(গ) হতে]
ঝুলানো ভর, $m = 2\ kg$
কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = ?$

∴ t = 2.24 sec এ, পরিমাপকৃত বেগ, $v_1 = \omega A\cos(\omega t + \delta)$

$= 14 \times 0.04 \cos(14 \times 2.24 + \frac{\pi}{2})\ ms^{-1}$

$= 0.47\ ms^{-1}$

এবং t = 4.48 sec এ, পরিমাপকৃত বেগ, $v_2 = \omega A\cos(\omega t + \delta)$

$= 14 \times 0.04 \cos(14 \times 4.48 + \frac{\pi}{2})\ ms^{-1} = 0.0625\ ms^{-1}$

$\therefore v_1 \neq v_2$

∴ উভয়ক্ষেত্রে পরিমাপকৃত বেগ একই নয়।

প্রশ্ন ▸৩১ রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ▮ প্রশ্ন নং ৪

একদল শিক্ষার্থী পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরিতে 500 gm ভরের একটি বস্তুকে তারের প্রান্তে আংটায় ঝুলিয়ে দোল দিল। তারা দেখল যে, এটি প্রতি সেকেন্ডে 5 বার স্পন্দিত হচ্ছে। বস্তুটির সরণ 5 cm এবং বিস্তার 10 cm।

ক. প্রমাণ তীব্রতা কী? ১

খ. মানুষের শ্রাব্যতার তীব্রতার অনুপাত 10^{12} – ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত সরণকালে বস্তুটির বেগ কত হবে?

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত সরণের জন্য বস্তুটির উপর ক্রিয়ারত বস্তুটির ওজনের 10 গুণ হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ মতামত দাও।

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 1000 Hz কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট $10^{-12}\ W{\cdot}m^{-2}$ তীব্রতা-ই হলো প্রমাণ তীব্র

খ আমরা সবচেয়ে আস্তে যে শব্দ শুনতে পাই তার তীব্রতা 10^{-12} W এবং সব থেকে জোরালো যে শব্দ আমাদের কানে সহনীয় তার তীব্র প্রায় 1 $W{\cdot}m^{-2}$। সুতরাং মানুষের শ্রাব্যতার সীমার দুই প্রান্তের তীব্র অনুপাত 10^{12}। অর্থাৎ একটি ক্ষীণতম শব্দ এবং তার প্রায় 10^{12} বেশি তীব্রতার শব্দও আমরা শুনে থাকি।

গ আমরা জানি,

$v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

$= 2\pi f\sqrt{A^2 - x^2}$

$= 2 \times 3.1416 \times 5 \times \sqrt{(0.1)^2 - (0.05)^2}$

$= 2.72\ m/s$ **(Ans.)**

এখানে,
কম্পাংক, $f = 5\ Hz$
বিস্তার, $A = 10\ cm = 0$ m
$x = 0.05\ m$ সরণে ব
বেগ, $v = ?$

ঘ এখানে, ববের ভর, $m = 500\ gm = 0.5\ kg$

মনে করি, $x = 0.05\ m$ সরণে বস্তুটির ওপর ক্রিয়ারত বল = F

$F = ma$

বা, $F = m\omega^2 x$ [শুধু মান বিবেচনা করে]

বা, $F = 4\pi^2 mf^2 x$ [$\because \omega = 2\pi f$]

আবার, ওজন, $W = mg$

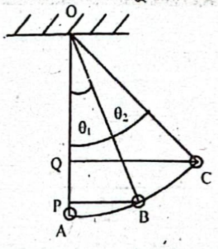
$\therefore \frac{F}{W} = \frac{4\pi^2 mf^2 x}{mg} = \frac{4\pi^2 f^2 x}{g}$

বা, $\frac{F}{W} = \frac{4 \times (3.1416)^2 \times (5)^2 \times 0.05}{9.78}$

$= 5.05 \approx 5$

অতএব, বস্তুটির উল্লিখিত সরণের জন্য এর ওপর ক্রিয়ারত বল এ ওজনের 10 গুণ নয়, বরং 5 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▸৩২ কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ ▮ প্রশ্ন নং



চিত্রে একটি সরল দোলক যার সুতার দৈর্ঘ্য 1.1 m এবং ববের ব্যা 1.5 cm, ভর 60 gm এবং OA সাম্যবস্থান। চিত্রে QC = 3 cm PB = 2 cm [$g = 9.8\ m{\cdot}s^{-2}$]

ক. পর্যাবৃত্ত গতির সংজ্ঞা লেখো।

খ. বল-সরণ গ্রাফ হতে স্প্রিং সম্প্রসারণে কৃত কাজের পরি পাওয়া যায়-ব্যাখ্যা করো।

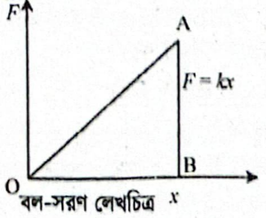
গ. সরল দোলকটির দোলনকাল হিসাব করো।

ঘ. সরল দোলকটির A, B ও C বিন্দুতে কার্যকর বলের তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ করো।

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল কোন বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে তা এর গতি কোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অ করে, তবে বস্তুকণার গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে।

খ



বল-সরণ লেখচিত্র

স্প্রিং এর উপর বল প্রয়োগ করলে যে পরিমাণ সরণ ঘটে এবং তার ফলে যে কৃতকাজ সম্পাদিত হয় তা বল-সরণ লেখচিত্র হতে ΔOAB এর ক্ষেত্রফল নির্ণয়ের মাধ্যমে বের করা যায়।

ΔOAB এর ক্ষেত্রফল = কৃতকাজ $= \frac{1}{2} \times$ ভূমি $\times$ উচ্চতা

$$= \frac{1}{2} \times x \times kx = \frac{1}{2} kx^2$$

সুতরাং, বল-সরণ গ্রাফ হতে স্প্রিং সম্প্রসারণে কৃত কাজের পরিমাণ পাওয়া যায়।

গ

আমরা জানি,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$
$$= 2\pi \times \sqrt{\frac{1.115}{9.8}}$$
$$= 2.12 \text{ s } \textbf{(Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
সুতার দৈর্ঘ্য, $l = 1.1$ m
ববের ব্যাসার্ধ, $r = 1.5$ cm $= 0.015$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m·s}^{-2}$
কার্যকর দৈর্ঘ্য, $L = l + r = 1.1 \text{ m} + 0.015 \text{ m} = 1.115$ m
দোলনকাল, $T = ?$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

ববের ভর, $m = 60 \text{ gm} = 60 \times 10^{-3}$ kg
$OB = OC = OA = L = 1.115$ m
$QC = 3 \text{ cm} = 0.03$ m
$PB = 2 \text{ cm} = 0.02$ m
ΔPBO-এ $\angle OPB = 90°$

$$\therefore \sin\theta_1 = \frac{PB}{OB} = \frac{0.02}{1.115} = 0.0179$$

$\therefore \theta_1 = 0.0179$ রেডিয়ান [$\theta < 4°$ হলে, $\sin\theta \approx \theta$]

এবং, $\sin\theta_2 = \frac{QC}{OC} = \frac{0.03}{1.115} = 0.0269$

$\therefore \theta_2 = 0.0269$ রেডিয়ান

অর্থাৎ, A বিন্দুতে কার্যকর বল, $F_A = mg\theta = 0 \text{ N}$ [$\theta = 0°$]

B বিন্দুতে কার্যকর বল, $F_B = mg\theta_1$
$$= 60 \times 10^{-3} \times 9.8 \times 0.0179$$
$$= 1.05 \times 10^{-2} \text{ N}$$

C বিন্দুতে কার্যকর বল, $F_C = mg\theta_2$
$$= 60 \times 10^{-3} \times 9.8 \times 0.0269$$
$$= 1.58 \times 10^{-2} \text{ N}$$

সুতরাং, A, B ও C বিন্দুতে কার্যকর বল যথাক্রমে 0 N, 1.05×10^{-2} N এবং 1.58×10^{-2} N। অর্থাৎ $F_A < F_B < F_C$।

প্রশ্ন ▸ ৩৩ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ▌প্রশ্ন নং ৫

একটি স্প্রিং এর এক প্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনের সাথে এবং অপর প্রান্ত একটি ঘর্ষণহীন তলে রাখা আয়তাকার বস্তুর সাথে আটকিয়ে অনুভূমিকভাবে রাখা হলো। স্প্রিংটি 4cm প্রসারিত করে ছেড়ে দেওয়া হলো।

ক. শিশিরাঙ্ক কী? ১
খ. স্থির ভরের কোনো গ্রহের প্রসারণের কারণে ঐ গ্রহের মুক্তিবেগের কি কোনো পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্প্রিংটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দোলনরত স্প্রিংয়ের বেগ বনাম সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে ব্যাখ্যা দাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাই ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক।

খ আমরা জানি, মুক্তিবেগের রাশিমালা, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$। যেখানে M = গ্রহের ভর এবং R = গ্রহের ব্যাসার্ধ। যদি গ্রহের ভর স্থির থাকে তবে $v_e \propto \frac{1}{\sqrt{R}}$। অর্থাৎ, ভর স্থির থাকলে কোনো গ্রহের মুক্তিবেগ এর ব্যাসার্ধের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। স্থির ভরের কোনো গ্রহ সম্প্রসারিত হলে এর ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়, ফলে তখন এর মুক্তিবেগ হ্রাস পাবে।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** কম্পাঙ্ক, $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{F}{0.04m}}$; যেখানে m হলো বস্তুর ভর এবং F হলো প্রসারণের জন্য প্রয়োজনীয় বল।

ঘ সরল ছন্দিত গতির ক্ষেত্রে কণার ত্বরণ সাম্যাবস্থা থেকে সরণের সমানুপাতিক এবং বিপরীতমুখী।

$F \propto -x$

বা, $F = -kx$ ... ... (i)

আবার, $F = ma$ ... ... (ii)

(i) ও (ii) থেকে $ma = -kx$

বা, $m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$

বা, $\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{kx}{m}$

বা, $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$ ... ... (iii) [$\frac{k}{m} = \omega^2$ ধরে]

(iii) নং সমীকরণের একটি সমাধান হল,

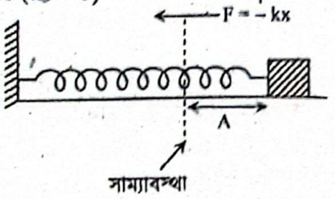
$x = A\sin(\omega t + \delta)$

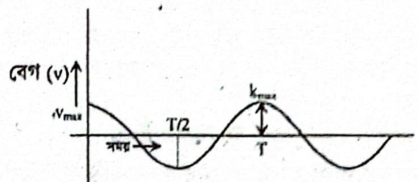
$\therefore \frac{dx}{dt} = A\omega\cos(\omega t + \delta)$

বা, $v = A\omega\cos(\omega t + \delta)$

$\therefore v = 0.04\,\omega\cos(\omega t + \delta)$

এখানে,
বিস্তার,
$A = 4$ cm
$= 0.04$ m





চিত্র: বেগ বনাম সময় লেখচিত্র

প্রশ্ন ▸ ৩৪ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

পৃথিবী পৃষ্ঠে একটি সরলদোলকের গতির সমীকরণ $x = 5 \sin \pi (t + 0.5)$। সরলদোলকটি মুক্তভাবে দোল দেয়। ◂ *অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে*

ক. সরল দোলক কী? ১
খ. কালিক পর্যাবৃত্তি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. 5 s পর সরলদোলকটির ত্বরণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি দোলকটিকে 200 m উচ্চতার পাহাড়ের উপরে নেওয়া হয়, তবে দোলন সংখ্যার কি কোনো পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ভারী আয়তনহীন বস্তুকণাকে ওজনহীন অনমনীয় সুতার সাহায্যে কোনো দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলিয়ে দিলে যদি এটি অল্পবিস্তারে ($\theta \le 4°$) মুক্তভাবে দুলতে থাকে তাহলে সুতাসহ বস্তুটিই সরল দোলক।

খ কোনো রাশি বা ফাংশনের মান যদি এরূপ হয় যে তা নির্দিষ্ট সময় পর পর একই মান গ্রহণ করে, তবে এই পুনরাবৃত্তি তথা পর্যাবৃত্তিকে কালিক পর্যাবৃত্তি বলে। যেমন: পর্যাবৃত্ত বা দিক পরিবর্তী প্রবাহ। আমাদের দেশে এ প্রবাহে পাওয়া ভোল্টেজ 0.02 s পরপর একই মান গ্রহণ করে।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** দোলকটির ত্বরণ $-49.29\ ms^{-2}$।

ঘ সরল দোলকের গতির সমীকরণ,

$x = 5\sin\pi(t + 0.5)$

এখানে, $\omega = \pi$ বা, $\frac{2\pi}{T} = \pi$ বা, $T = 2\ sec$

পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g' = \left(1 - \frac{2h}{R}\right)g$$

$$\text{বা, } \frac{g'}{g} = \left(1 - \frac{2 \times 200}{6.4 \times 10^6}\right) = 0.9999$$

এখানে,
পাহাড়ের উচ্চতা,
$h = 200\ m$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6\ m$
$g = 9.8\ ms^{-2}$
ভূপৃষ্ঠে দোলনকাল,
$T = ?$
পাহাড়ে, $T' = ?$

পাহাড়ের চূড়ায় দোলনকাল T' হলে

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g'}}$$

$$\text{সুতরাং } \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}} = \sqrt{\frac{1}{0.9999}} = 1.00005$$

বা, $T' = 2.0001\ [\because T = 2\ sec]$

এখানে, $T \neq T'$ হওয়ার দোলন সংখ্যার পরিবর্তন হবে।

$T' > T$; তাই দোলন সংখ্যা কমে যাবে।

যদি দিনে n সংখ্যক দোলন কমে তবে, $T' = \frac{2 \times 86400}{86400 - n} = 2.0001$

বা, $n = 4.31$

$\therefore$ দোলকটি দিনে 4.3 টি দোলন কম দিবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৫ পাবনা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৭

একটি সেকেন্ড দোলককে পাহাড়ের চূড়ায় রাখলে এটি ঘণ্টায় 2 sec সময় হারাবে। [যেখানে, $R = 6.4 \times 10^6 m$]

ক. স্থানিক পর্যাবৃত্তি কী? ১
খ. একটি স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য হ্রাস করলে এর ধ্রুবকের কী ঘটবে? ২
গ. পাহাড়ের চূড়ায় দোলকটির দোলনকাল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য 1% কমানো হয় তবে এটি কি কিছু সময় লাভ করবে বা হারাবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো রাশি বা ফাংশনের পুনরাবৃত্তি স্থানের সাপেক্ষে হয়, তখন তা স্থানিক পর্যাবৃত্তি।

খ স্প্রিং কেটে দৈর্ঘ্য ছোট করলে বল ধ্রুবক বেড়ে যায়। k বল ধ্রুবক বিশিষ্ট একটি স্প্রিংকে n সংখ্যক সমান টুকরা করলে প্রতিটি টুকরার বল ধ্রুবক হয় k_1। এখন টুকরো গুলোকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে ও মুক্তপ্রান্তে m ভর ঝুলিয়ে দিলে মনে করি প্রতিটি অংশের প্রসারণ হয় x_1। অতএব প্রতিটি অংশের বল সমীকরণ: $F = k_1x_1$। আবার সমস্ত সিস্টেমটির প্রসারণ $x = nx_1$ বা $n = \frac{x}{x_1}$। এখন, সম্পূর্ণ স্প্রিংটির বলের সমীকরণ: $F = kx$;

$\therefore \quad kx = k_1x_1$

বা, $\quad k_1 = \frac{x}{x_1}k$

বা, $\quad k_1 = nk$

অতএব, স্প্রিংকে যতভাগে ভাগ করা হবে, বল ধ্রুবক ততগুণ হবে।

গ দোলকটি এক ঘণ্টা বা, 3600 sec এ 2 sec সময় হারালে,

$$\frac{T}{T'} = \frac{3600 - 2}{3600}$$

$$\text{বা, } T' = \frac{3600}{3600 - 2} \times 2$$

$\therefore T' = 2.001111\ sec$

এখানে,
সেকেন্ড দোলকের ভূপৃষ্ঠে দোলনকাল,
$T = 2\ sec$
পাহাড়ের চূড়ায় দোলনকাল,
$T' = ?$

অর্থাৎ, পাহাড়ের চূড়ায় দোলকটির দোলনকাল 2.001111 sec. **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$T \propto \sqrt{L}$

$$\therefore \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}}$$

$$\text{বা, } T' = \sqrt{\frac{0.99\,L}{L}} \times 2$$

$$= \sqrt{0.99} \times 2$$

$\therefore T' = 1.989975\ sec$

এখানে,
সেকেন্ড দোলকের প্রাথমিক দোলনকাল
$T = 2\ sec$
প্রাথমিক কার্যকরী দৈর্ঘ্য = L
পরিবর্তিত কার্যকরী দৈর্ঘ্য,
$L' = (L - 0.01L) = 0.99L$
পরিবর্তিত দোলনকাল, $T' = ?$

যেহেতু, $T' < T$, তাই দোলকটি সময় লাভ করবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং

সরল ছন্দিত স্পন্দনে গতিশীল একটি কণার গতির সমীকরণ $y = 10\sin\left(12t - \frac{\pi}{3}\right)$, যেখানে সব SI এককে। কণাটি 6.28s এ একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রম করে।

ক. কালিক পর্যাবৃত্তি কী? ১
খ. "সকল সরল ছন্দিত স্পন্দনই পর্যাবৃত্ত গতি, কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি নয়।" উক্তিটি ব্যাখ্যা কর। ২
গ. কণাটির সর্বোচ্চ বেগ হিসাব কর। ৩
ঘ. উল্লিখিত সময়ে কণার ত্বরণ গাণিতিকভাবে হিসাব কর। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো রাশি বা ফাংশনের পুনরাবৃত্তি সময় বা কালের সাপেক্ষে হয়, তখন তা কালিক পর্যাবৃত্তি।

খ কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি তার গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে তাকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। আবার কোনো দোলনরত কণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে এর সরণের সমানুপাতিক এবং সবসময় সাম্যাবস্থান অভিমুখী হলে তাকে সরলদোলন গতি বলে। সকল পর্যাবৃত্ত গতির মধ্যে এই বৈশিষ্ট্যগুলো থাকে না। কিন্তু সকল সরলদোলন গতির মধ্যে পর্যাবৃত্ত গতির সকল বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান থাকে। তাই সকল সরল ছন্দিত স্পন্দনই পর্যাবৃত্ত গতি; কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি নয়।

গ দেওয়া আছে,
সরল ছন্দিত কণার গতির সমীকরণ,

$$y = 10\sin\left(12t - \frac{\pi}{3}\right)$$

আদর্শ সমীকরণের সাথে তুলনা করে পাই,
বিস্তার, $A = 10m$
কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = 12\ rads^{-1}$
আমরা জানি,
$V_{max} = \omega A = 12 \times 10 = 120\ ms^{-1}$
অর্থাৎ, কণাটির সর্বোচ্চ বেগ $120\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $-1273.68\ ms^{-2}$

প্রশ্ন ▶ ৩৭ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮

দুইটি সেকেন্ড দোলকের একটিকে ভূপৃষ্ঠ থেকে 5000 m উচ্চতায় নেওয়া হলো। অপর দোলককে 9000 m গভীরতায় একটি খনিতে নেওয়া হল। (সংশোধিত) ◄ অধ্যায় ৩ ও ৮-এর সমন্ব

ক. কৌণিক কম্পাঙ্ক কী? ১
খ. শক্তির সমবিভাজন নীতি ব্যাখ্যা কর। ২
গ. প্রদত্ত উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. কোন দোলকটি ধীরে চলবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরল ছন্দিত গতিতে স্পন্দনরত কোন কণার দশা পরিবর্তনের হারই কৌণিক কম্পাঙ্ক।

খ শক্তির সমবিভাজন নীতি সম্পর্কে জানতে স্বাধীনতার মাত্রা সম্পর্কে জানতে হবে। কোনো গতীয় সিস্টেমে বস্তুর গতির অবস্থা সম্পূর্ণভাবে প্রকাশ করতে যতসংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয়, তাকে তার স্বাধীনতার মাত্রা বলে। কোনো গতীয় সংস্থার মোট শক্তি প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রার মধ্যে সমভাবে বণ্টিত হয় এবং প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রায় শক্তির পরিমাণ $= \frac{1}{2}kT$।

এক পারমাণবিক গ্যাসের একটি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা 3। অতএব, এক পারমাণবিক গ্যাসের একটি অণুর গড় শক্তি $= \frac{3}{2}kT$। দ্বিপারমাণবিক গ্যাসের একটি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা 5, অতএব প্রতিটি অণুর গড় শক্তি $= \frac{5}{2}kT$।

গ আমরা জানি,

$$\frac{g}{g_h} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$$

$$\text{বা, } g_h = \frac{R^2}{(R+h)^2} \times g$$

$$= \frac{(6.4 \times 10^6)^2}{\{(6.4 \times 10^6) + 5000\}^2} \times 9.8$$

$$\therefore g_h = 9.7847 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
উচ্চতা, $h = 5000$ m
ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_h = ?$

অর্থাৎ, প্রদত্ত উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.7847 ms^{-2} **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত, $g_h = 9.7847 \text{ ms}^{-2}$

আমরা জানি, $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$

$$\therefore \frac{T}{T_h} = \sqrt{\frac{g_h}{g}}$$

$$\text{বা, } T_h = \sqrt{\frac{g}{g_h}} \times T$$

$$= \sqrt{\frac{9.8}{9.7847}} \times 2$$

$$\therefore T_h = 2.0015693 \text{ sec}$$

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল, $T = 2$ sec
h উচ্চতায় দোলনকাল, $T_h = ?$

এখন, 9000 m গভীরতায়,

$$g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$$

$$= 9.8\left(1 - \frac{9000}{6.4 \times 10^6}\right)$$

$$\therefore g_d = 9.7862 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,
গভীরতা, $d = 9000$ m
d গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_d = ?$

$$\therefore \frac{T_d}{T} = \sqrt{\frac{g}{g_d}}$$

$$\text{বা, } T_d = \sqrt{\frac{g}{g_d}} \times 2$$

$$= \sqrt{\frac{9.8}{9.7862}} \times 2$$

$$= 2.001409 \text{ sec}$$

d গভীরতায় দোলনকাল, $T_d = ?$

এখানে, $T_h > T_d$

অর্থাৎ, 5000 m উচ্চতার দোলকটি 9000 m গভীরতায় খনির দোলকের তুলনায় ধীরে চলবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৩

1m দৈর্ঘ্যের একটি স্প্রিং এক প্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনে ও অপর প্রান্তে 200 gm ভর ঝুলানো হলো। এতে স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য হলো 1.2 m। পরবর্তীতে নিম্নমুখী বল প্রয়োগ করে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য 20 cm প্রসারিত করে ছেড়ে দেওয়া হলো।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ সবসময় ঋণাত্মক হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বস্তুটির সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সাম্যাবস্থা থেকে কত দূরত্বে বিভবশক্তি এর মোট শক্তির অর্ধেক হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়; তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ যদি বল প্রয়োগের ফলে বস্তুর সরণ বলের বিপরীত দিকে হয় বা বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকে, তাহলে বল ও সরণ বা সরণের উপাংশের গুণফলকে ঋণাত্মক কাজ বলে। ঘর্ষণ বল সবসময় বস্তুর গতিকে বাধা দেয়। অর্থাৎ, বস্তুর সরণ যেদিকে ঘটে ঘর্ষণ বল তার বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে। ফলে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ সবসময় ঋণাত্মক হয়।

গ স্প্রিং এর প্রসারণ, $x = L - L_0$

$$= 1.2 - 1$$

$$= 0.2 \text{ m}$$

সাম্যাবস্থায়, $mg = kx$

$$\text{বা, } k = \frac{mg}{x}$$

$$= \frac{0.2 \times 9.8}{0.2}$$

$$= 9.8 \text{ Nm}^{-1}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 200$ gm $= 0.2$ kg
স্প্রিং এর আদি দৈর্ঘ্য, $L_0 = 1$ m
চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য, $L = 1.2$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
বিস্তার, $A = 20$ cm $= 0.2$ m
স্প্রিং ধ্রুবক, $K = ?$

এখন, বস্তুটির সর্বোচ্চ গতিশক্তি = মোট শক্তি, $E = \frac{1}{2}kA^2$

$$= \frac{1}{2} \times 9.8 \times (0.2)^2$$

$$= 0.196 \text{ J}$$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

x সরণে বস্তুর বিভবশক্তি, $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ এবং মোট শক্তি, $E = \frac{1}{2}kA^2$

$$\therefore \frac{E_p}{E} = \frac{x^2}{A^2}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} = \frac{x^2}{A^2}$$

$$\text{বা, } x^2 = \frac{1}{2}A^2$$

$$\therefore x = \frac{1}{\sqrt{2}}A = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 0.2 = 0.1414 \text{ m}$$

এখানে,
বিস্তার, $A = 20$ cm $= 0.2$ m
$\frac{\text{বিভব শক্তি}}{\text{মোট শক্তি}} = \frac{E_p}{E} = \frac{1}{2}$
সরণ, $x = ?$

সুতরাং, সাম্যাবস্থা থেকে 0.1414 m দূরত্বে বিভব শক্তি এর মোট শক্তির অর্ধেক হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৮

দুটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 1m এবং 0.04 kg ভর এদের মুক্ত প্রান্তে ঝুলানো হলো। তারদ্বয়ের ব্যাস যথাক্রমে 2mm ও 3 mm। (ইস্পাতের ইয়ং গুণাংক $2 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$) ◀ অধ্যায় ৭ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. মহাকর্ষীয় বিভব কী? ১
খ. দরজার হাতল মধ্যে না লাগিয়ে প্রান্তে লাগানো হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ২য় তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তার দুটি যদি সরল দোলকের মতো আচরণ করে তবে কোনটি ধীরে চলবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয় তাই মহাকর্ষীয় বিভব।

খ দরজার হাতলের অপর প্রান্তে কোনো বল প্রয়োগ করলে হাতলের প্রান্তে বিপরীতমুখী একটা বল সৃষ্টির মাধ্যমে দরজায় একটি টর্ক বা দ্বন্দ্বের সৃষ্টি হয়। আমরা জানি টর্ক, $\tau = F.d$, এখানে ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগবিন্দুর দূরত্ব (d) বাড়লে সমপরিমাণ বল প্রয়োগে বেশি টর্ক পাওয়া সম্ভব এবং দরজাটিকে ঘুরানো সহজ হয়। এজন্য d এর মান বৃদ্ধির জন্যে দরজার হাতল বা ঘূর্ণন অক্ষ মাঝে না রেখে প্রান্তে রাখা হয়।

গ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি l_2 হলে,

আমরা জানি, $Y = \frac{mgL}{\pi r_2^2 l_2}$

বা, $l_2 = \frac{mgL}{\pi r_2^2 Y}$

$= \frac{0.04 \times 9.8 \times 1}{\pi \times (1.5 \times 10^{-3})^2 \times 2 \times 10^{11}}$

$= 2.773 \times 10^{-7}$ m

এখানে,
ভর, $m = 0.04$ kg
আদি দৈর্ঘ্য, $L = 1$m
২য় তারের ব্যাস, $d_2 = 3$ mm
$\therefore$ ব্যাসার্ধ, $r_2 = \frac{d_2}{2}$
$= 1.5$ mm $= 1.5 \times 10^{-3}$ m
ইয়ং গুণাংক, $Y = 2 \times 10^{11}$ Nm^{-2}

সুতরাং, একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি $= \frac{1}{2} Y \frac{l^2}{L^2}$

$= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{11} \times \frac{(2.773 \times 10^{-7})^2}{(1)^2}$

$= 7.69 \times 10^{-3}$ Jm^{-3} **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, ২য় তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $l_2 = 2.773 \times 10^{-7}$ m

১ম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, l_1 হলে,

$Y = \frac{mgL}{\pi r_1^2 l_1}$

বা, $l_1 = \frac{mgL}{\pi r_1^2 Y}$

$= \frac{0.04 \times 9.8 \times 1}{\pi \times (1 \times 10^{-3})^2 \times 2 \times 10^{11}}$

$= 6.24 \times 10^{-7}$ m

আমরা জানি,
সরলদোলকের দোলনকাল এর কার্যকরী দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক, যখন g ধ্রুব থাকে এবং যার দোলনকাল বেশি সেটি ধীরে চলবে।

এখানে,
তার দুটির আদি দৈর্ঘ্য, $L = 1$ m
১ম তারের ব্যাস, $d_1 = 2$ mm
$\therefore$ ব্যাসার্ধ, $r_1 = \frac{d_1}{2}$
$= 1$ mm $= 1 \times 10^{-3}$ m
ভর, $m = 0.04$ kg
ইয়ং গুণাংক, $Y = 2 \times 10^{11}$ Nm^{-2}
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
ধরি, সরলদোলক দুটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য যথাক্রমে L_1 ও L_2 ও দোলনকাল T_1 ও T_2

অর্থাৎ $T \propto \sqrt{L}$।

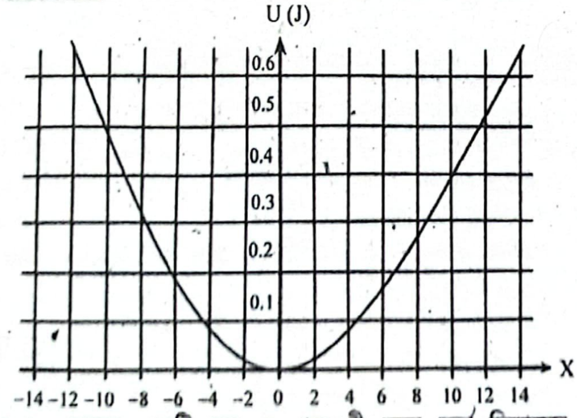
এখানে, $l_1 > l_2$; সুতরাং তাদের কার্যকরী দৈর্ঘ্য—

$L + l_1 > L + l_2$ বা, $L_1 > L_2$

সুতরাং $T_1 > T_2$

অর্থাৎ, তার দুটি সরলদোলকের ন্যায় আচরণ করলে ১ম দোলকটি ধীরে চলবে।

প্রশ্ন ▸ ৪০ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭



3 kg ভরের একটি বস্তু F প্রত্যয়নী বলে অল্প বিস্তারের একটি সরলদোলন গতিতে চলছে। বস্তুটির বিভবশক্তি U এবং সাম্যাবস্থান থেকে দূরত্ব x এর ফাংশন উপরে দেখানো হয়েছে। এই বস্তুটির মোট শক্তি E = 0.4 J।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে?
খ. একটি সেকেন্ড দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিয়ে গেলে কী ঘটবে?
গ. বস্তুটির বিভবশক্তি কত যখন এটির সরণ সাম্যাবস্থান থে +4 cm দূরে?
ঘ. x = –2 cm এবং x = –7 cm এ বস্তুটির গতিশক্তি নি করো। যুক্তি দিয়ে তোমার মতামত দাও।

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে 1 m প্রসারিত বা সংকুচি করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ আমরা জানি,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

এখানে, দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যাস্তানুপাতিক। সুতরাং, g এর মান কমলে T বাড়বে এবং g বাড়লে T কমবে। পৃথিবীর কেন্দ্রে $g = 0$। এখন, $g = 0$ হলে, $T = \propto$ হবে।

অতএব, পৃথিবীর কেন্দ্রে দোলনকাল অসীম হবে। অর্থাৎ, দোলকটির দোলন বন্ধ হয়ে যাবে।

গ আমরা জানি,

সরলদোলন গতির ক্ষেত্রে,

মোট শক্তি = সাম্যাবস্থায় গতিশক্তি= সর্বোচ্চ বিস্তারে বিভবশক্তি

লেখচিত্র হতে দেখা যায় যে, যখন $U = 0.4$ J তখন বিস্তার, $A = 10$ cm $= 0.1$ m

সুতরাং বল ধ্রুবক, K হলে,

$E = \frac{1}{2}KA^2$ বা, $K = \frac{2E}{A^2} = \frac{2 \times 0.4}{(0.1)^2} = 80$ Nm^{-1}

$U_1 = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 80\ (0.04)^2$

$= 0.064$ J **(Ans.)**

এখানে,
সরণ, $x = +$ cm $= 0.04$ m
মোট শক্তি, $E = 0.4$ J

ঘ 'গ' হতে পাই, বিস্তার, $A = 0.1$ m এবং বল ধ্রুবক $k = 80$ Nm^{-1}

আমরা জানি,

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ বা, $k = m\omega^2$

আবার, বেগ, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

সুতরাং গতিশক্তি

$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$

সুতরাং $x_1 = -0.02$ m হলে, গতিশক্তি E_{k_1}

$\therefore E_{k_1} = \frac{1}{2}k(A^2 - x_1^2)$

$= \frac{1}{2} \times 80 \times \{(0.1)^2 - (-0.02)^2\} = 0.384$ J

এবং $x_2 = -0.07$ m হলে, গতিশক্তি E_{k_2}

$\therefore E_{k_2} = \frac{1}{2}k(A^2 - x_2^2) = \frac{1}{2} \times 80 \times \{(0.1)^2 - (-0.07)^2\}$

$= 0.204$ J

অর্থাৎ, x = – 2 cm এবং x = – 7 cm এ বস্তুটির গতিশক্তি যথাক্র 0.384 J ও 0.204 J।

প্রশ্ন ▸ ৪১ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং

পৃথিবীর পৃষ্ঠে মুক্তভাবে কম্পনরত একটি সরল দোলকের গতির সমীক হলো $x = 10\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$

ক. সরল দোলন গতির সংজ্ঞা দাও।
খ. স্প্রিং বল হলো প্রত্যয়নী বল— ব্যাখ্যা করো।
গ. 3s পর দোলকটির ত্বরণ নির্ণয় করো।
ঘ. সরলদোলকটিকে যদি পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে 1000 m গভীরে নি যাওয়া হয় তবে দোলনসংখ্যার কি কোনো পরিবর্তন হ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোনো কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয় এবং যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও কিন্তু সরণের বিপরীতমুখী হয়, অর্থাৎ ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিকে সরল দোলন গতি বলে।

খ স্প্রিং বল একটি প্রত্যয়নী বলের উদাহরণ। প্রত্যয়নী বল হলো সেই বল যা কোন বস্তুকে তার সাম্যাবস্থায় ফিরিয়ে আনার চেষ্টা করে। স্প্রিংকে যখন সংকুচিত কিংবা প্রসারিত করা হয় তখন প্রত্যয়নী বলের উদ্ভব ঘটে এবং স্প্রিংটিকে আবার তার আগের অবস্থান ফিরিয়ে আনতে চায়। একে স্প্রিং বল দ্বারাও প্রকাশ করা যায়। স্প্রিং এর সংকোচন বা প্রসারণ যত বেশি হবে এর মধ্যে তত বেশি পরিমাণ প্রত্যয়নী বলের সৃষ্টি হবে। তাই বলা যায়, স্প্রিং বল একটি প্রত্যয়নী বল।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: ত্বরণ = $-69.78\ ms^{-2}$

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** সরলদোলকটিকে যদি পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে 1000m গভীরে নিয়ে যাওয়া হয় তবে দোলনকাল বেড়ে যাবে। পরবর্তী দোলনকাল হবে 2.00016 sec যা পূর্ববর্তী দোলনকাল 2 sec থেকে বেশী। যার ফলে দোলকটি দৈনিক প্রায় 4টি করে দোলন কম দিবে।

প্রশ্ন ▸ ৪২ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ৬

দৃঢ় অবলম্বনের সাথে আটকানো 2m দৈর্ঘ্যের দুটি তারের মুক্ত প্রান্তে 0.5 kg ভরের দুটি বস্তু লাগিয়ে ঝুলিয়ে দেওয়া হলো। তার দুটির ব্যাস যথাক্রমে 4mm ও 8 mm। [$Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$]

ক. স্প্রিং এর শক্তি কী? ১
খ. কখন বল ধ্রুবককে তুল্য বল ধ্রুবক বলা হয় ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ১ম তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ভর সহ তার দুটি যদি সরল দোলকের ন্যায় আচরণ করে তবে কোনটি ধীরে চলবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্প্রিংকে সংকুচিত বা প্রসারিত করার ফলে তার মধ্যে যে শক্তির সঞ্চার হয় তাই উক্ত স্প্রিং এর শক্তি।

খ একাধিক স্প্রিংকে শ্রেণি বা সমান্তরাল কিংবা উভয় সংযোগ অবস্থায় যুক্ত করে একটি সিস্টেম তৈরি করা হলে, উক্ত সিস্টেমের সবগুলো স্প্রিং এর বল ধ্রুবক সম্মিলিতভাবে যে তুল্য মান দেয় তাকে উক্ত সিস্টেমের তুল্য বল ধ্রুবক বলে। অর্থাৎ একাধিক স্প্রিং ব্যবহারের বেলায় আমরা বল ধ্রুবক না বলে তুল্য বল ধ্রুবক বলে থাকি। সমান্তরালে থাকা অবস্থায় তুল্য বল ধ্রুবক হবে, $K_{eq} = k_1 + k_2 + k_3$ .... এবং শ্রেণিতে থাকা অবস্থায় তুল্য বল ধ্রুবক হবে, $\frac{1}{K_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \ldots$ ।

গ

আমরা জানি,

$$Y = \frac{FL}{Al}$$

$$\text{বা, } l = \frac{FL}{YA} = \frac{FL}{Y\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

$$= \frac{0.5 \times 9.8 \times 2}{2 \times 10^{11} \times 3.14 \times \left(\frac{0.004}{2}\right)^2}$$

$$= 3.9 \times 10^{-6}\ m$$

এখানে,
১ম তারের দৈর্ঘ্য, $L = 2\ m$
ভর, $m = 0.5\ kg$
ব্যাস, $D = 4\ mm = 0.004\ m$
ইয়ং গুণাঙ্ক,
দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l = ?$
$Y = 2 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$
একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি,
$U = ?$

সুতরাং ১ম তারের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2}\frac{Yl^2}{L^2}$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{2 \times 10^{11} \times (3.9 \times 10^{-6})^2}{2^2} = 0.3802\ Jm^{-3}\ \text{(Ans.)}$$

ঘ ৩৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
[উত্তর: $\frac{T_1}{T_2} = 2$]
অর্থাৎ, $T_1 > T_2$; তাই প্রথম তারটি ধীরে চলবে যেহেতু তার পর্যায়কাল বেশি।

প্রশ্ন ▸ ৪৩ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৬

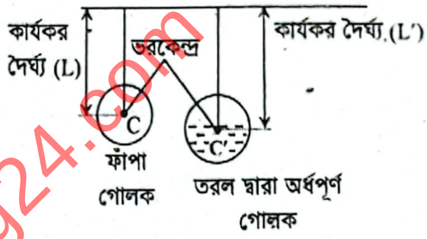
একটি দোলক ঘড়ি পাহাড়ের পাদদেশে সঠিক সময় দেয় কিন্তু পাহাড়ের চূড়ায় উঠালে দুই ঘন্টায় ৪ সেকেন্ড সময় হারায়। পৃথিবীর ব্যাস 12800 km.

ক. সীমাবদ্ধ ভেক্টর কী? ১
খ. ফাঁকা দোলকপিণ্ডকে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে দোলকটি ধীরে না দ্রুত চলবে ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের পাহাড়ের উচ্চতা কত? ৩
ঘ. পাহাড়ের চূড়ায় সঠিক সময় পেতে হলে দোলকটির কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট বা যে ভেক্টরের পাদবিন্দু ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্তন করা যায় না, তাই সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

খ একটি ফাঁপা গোলককে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে এটি ধীরে চলবে। কারণ ফাঁপা গোলকের ভরকেন্দ্র এর কেন্দ্রে অবস্থিত থাকে। কিন্তু তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে এর ভরকেন্দ্র নিচে নেমে আসে। ফলে কার্যকর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। যার ফলে দোলনকাল বৃদ্ধি পাবে এবং গোলকটি ধীরে চলবে।



গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 592.66 m

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** দোলকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য 0.02% হ্রাস করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৪ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা | প্রশ্ন নং ৫

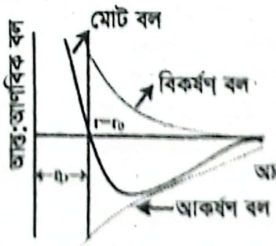
একটি সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য 99 cm এবং সর্বোচ্চ সরণ 5 cm। এটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে সঠিক সময় (2 sec) দেয়। পরবর্তীতে শুধুমাত্র এর কম্পাংক দ্বিগুণ করা হয় এবং আরেকবার শুধুমাত্র বিস্তার দ্বিগুণ করা হয়।

ক. অসহ পীড়ন কাকে বলে? ১
খ. বল বনাম আন্তঃআনবিক দূরত্বের লেখচিত্রে সাম্যাবস্থায় স্থিতি শক্তি ব্যাখ্যা কর। ২
গ. সরল দোলকটিকে ভূ-পৃষ্ঠে নেয়া হলে এক দিনে কতটি দোল হারাবে বা লাভ করবে? ৩
ঘ. দোলকটির কম্পাংক দ্বিগুণ এবং বিস্তার দ্বিগুণ করার ক্ষেত্রে কোনটির ক্ষেত্রে শক্তি বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভারকে বা অসহ ওজনকে অসহ পীড়ন বলে।

খ বল বনাম আন্ত:আণবিক দূরত্বের লেখচিত্রে ক্ষুদ্র দূরত্বে ($r \rightarrow 0$), বিকর্ষণ বল বেশি হয় এবং অনেক বেশি দূরত্বে আকর্ষণ বল বেশি হয়।



আর সাম্যাবস্থায় ($r = r_0$) এ আকর্ষণ বল ও বিকর্ষণ বল সমান হয় অর্থাৎ, লব্ধি বল শূন্য হয়। যার কারণে এ অবস্থায় স্থিতিশক্তি সর্বনিম্ন হয় অর্থাৎ, ইহা বস্তুর সর্বাধিক স্থিতিশীল অবস্থাকে নির্দেশ করে।

গ আমরা জানি,
সরল দোলকের পর্যায়কাল,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

সরলদোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকায়,

$$\frac{T_{earth}}{T_{hill}} = \sqrt{\frac{g_{hill}}{g_{earth}}}$$

$$T_{earth} = T_{hill} \times \sqrt{\frac{g_{hill}}{g_{earth}}}$$

$$= 2 \times \sqrt{\frac{9.77}{9.8}}\ \text{sec}$$

$$= 1.997\ \text{sec}$$

এক্ষেত্রে,
পৃথিবীতে 1.997 sec এ পূর্ণদোলন হবে 1টি

$$\therefore\ 86400\ \text{sec}\ "\ \ "\ \ "\ \frac{86400}{1.997}\ "$$

$$= 43264.897টি$$

$$\approx 43265টি$$

এখানে,
পাহাড়ের চূড়ায় দোলনকাল,
$T_{hill} = 2$ sec
কার্যকর দৈর্ঘ্য, $L = 99$ cm
$= 0.99$ m

$$T_{hill} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_{hill}}}$$

$$g_{hill} = \frac{4\pi^2}{T_{hill}^2} \times L$$

$$= \frac{4\pi^2}{2^2} \times 0.99$$

$$= 9.77\ \text{m/s}^2$$

পৃথিবীতে অভিকর্ষজ ত্বরণ, g_{earth}
$= 9.8$ m/s^2
1 day
$= 24$ hrs
$= (24 \times 3600)$ s
$= 86400$ s
পাহাড়ের চূড়ায় অর্ধদোলন সংখ্যা 86400টি

$$পাহাড়ের চূড়ায় পূর্ণদোলন সংখ্যা = \frac{86400}{2} = 43200টি$$

∴ দোল লাভ করবে (43265 – 43200)টি = 65টি **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,
সরলদোলকের ক্ষেত্রে মোট শক্তি দোলকের সর্বোচ্চ গতিশক্তি বা সর্বোচ্চ বিভবশক্তির সমান।

$$\therefore E = \frac{1}{2}mv^2_{max} = \frac{1}{2}m(\omega a)^2 = \frac{1}{2}m(2\pi f)^2\,(a)^2$$

m ধ্রুব হলে,
$E \alpha f^2 a^2$
কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ করলে,
$f_2 = 2f_1$
এবং বিস্তার দ্বিগুণ করলে,
$a_2 = 2a_1$

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{f_1^2(2a_1)^2}{(2f_1)^2a_1} = \frac{4f_1^2a_1^2}{4f_1^2a_1^2}$$

$$\therefore E_2 = E_1$$

অর্থাৎ, দোলকটির 'কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ এবং বিস্তার দ্বিগুণ করার' ক্ষেত্রে শক্তির কোনো পার্থক্য হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৫ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৫

একটি কণা সরল দোল গতিতে দুলছে। যখন এটি মধ্যাবস্থান হতে 2cm এবং 3cm দূরে তখন এর গতিবেগ যথাক্রমে 4cms^{-1} ও 3cm^{-1}। একটি সেকেন্ড দোলক ঘড়ি পাহাড়ের পাদদেশে সঠিক সময় দিলেও পাহাড়ের চূড়ায় উঠলে 3 ঘণ্টায় 10sec সময়ের পার্থক্য দেখায়। পৃথিবীর ব্যাস 12800km এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8ms^{-2}।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১
খ. স্থির ভরের কোনো গ্রহ সম্প্রসারিত হলে গ্রহের মুক্তিবেগ পরিবর্তন হবে কিনা— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত সরল দোলগতিতে দোলনরত কণাটির পর্যায়কাল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত পাহাড়ের চূড়ায় সেকেন্ড দোলক হিসেবে কাজ করতে হলে কার্যকরী দৈর্ঘ্য কত শতাংশ হ্রাস বা বৃদ্ধি করতে হবে— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয়, তাকে পার্কিং কক্ষপথ বলে।

খ আমরা জানি, মুক্তিবেগের রাশিমালা, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$। যেখানে M = গ্রহের ভর এবং R = গ্রহের ব্যাসার্ধ। যদি গ্রহের ভর স্থির থাকে তবে, $v_e \propto \frac{1}{\sqrt{R}}$। অর্থাৎ ভর স্থির থাকলে কোনো গ্রহের মুক্তিবেগ এর ব্যাসার্ধের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। স্থির ভরের কোনো গ্রহ সম্প্রসারিত হলে এর ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়, ফলে তখন এর মুক্তিবেগ হ্রাস পাবে।

গ

আমরা জানি,
বেগ, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$
2cm বা 0.02 m দূরে বেগ
$v_1 = \omega\sqrt{A^2 - (0.02)^2}$
বা, $0.04 = \omega\sqrt{A^2 - (0.02)^2}$ ……… (i)

এখানে,
মধ্যাবস্থার 2cm দূরে কণাটির বেগ,
$v_1 = 4$ cms^{-1}
$= 0.04$ ms^{-1}
এবং 3cm বা 0.03 m
$= 0.03$ ms^{-1}
বিস্তার, A
পর্যায়কাল, T = ?

আবার, 3cm দূরে বেগ,
$v_2 = \omega\sqrt{A^2 - (0.03)^2}$
বা, $0.03 = W\sqrt{A^2 - (0.03)^2}$ ……… (ii)

$$(i) \div (ii) \Rightarrow \frac{0.04}{0.03} = \frac{\sqrt{A^2 - (0.02)^2}}{\sqrt{A^2 - (0.03)^2}}$$

$$বা,\ \frac{16}{9} = \frac{A^2 - (0.02)^2}{A^2 - (0.03)^2}$$

বা, $16A^2 - 16 \times (0.03)^2 = 9A^2 - 9 \times (0.02)^2$
বা, $7A^2 = 0.0108$
বা, $A = 0.0392$ m
A এর মান (i) নং এ বসাই, $0.04 = \omega\sqrt{(0.0392)^2 - (0.02)^2}$

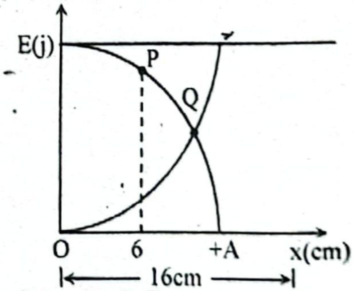
$$বা,\ T = \frac{2\pi}{0.04}\sqrt{(0.0392)^2 - (0.02)^2}$$

∴ T = 5.29 sec **(Ans.)**

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** কার্যকরী দৈর্ঘ্য 17.5% বৃদ্ধি করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৬ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৬

নিচের উদ্দীপকে 2 kg ভরের একটি সরল দোলন গতি সম্পন্ন বস্তুর শক্তি বনাম সরণের লেখচিত্র দেখানো হলো—



ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত করো। ১
খ. একটি হালকা ও ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে কোনটির গতিশক্তি বেশি হবে- ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বস্তুটির কম্পাঙ্ক 0.25Hz হলে P বিন্দুতে কণাটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. P এবং Q বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র পালিত হবে কিনা-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ মনে করি, দুইটি বস্তুর ভর m_1 ও m_2 $(m_1 > m_2)$ এবং ভরবেগ যথাক্রমে P_1 ও P_2। এদের ভরবেগ সমান হলে, $P_1 = P_2$।

$$\therefore এদের গতিশক্তির অনুপাত = \frac{E_{k_1}}{E_{k_2}} = \frac{\frac{P_1^2}{2m_1}}{\frac{P_2^2}{2m_2}} = \frac{m_2}{m_1}$$

$[\because P_1 = P_2$ তাই, $P_1^2 = P_2^2]$

$\therefore E_k \propto \frac{1}{m}$

এখন, $m_1 > m_2$ হওয়ায়, $E_{k_2} > E_{k_1}$ হবে।

সুতরাং, ভিন্ন ভরের দুইটি বস্তুর ভরবেগ সমান হলে যার ভর কম অর্থাৎ হালকা বস্তুটির গতিশক্তি বেশি হবে।

গ ৩৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $0.233 ms^{-1}$

ঘ বস্তুটির বল ধ্রুবক k ও কৌণিক কম্পাঙ্ক ω হলে,

আমরা জানি, $\omega^2 = \frac{k}{m}$

বা, $k = m\omega^2$

বা, $k = m(2\pi f)^2$

$= 2 \times (2 \times \pi \times 0.25)^2$

$= 4.9348\ Nm^{-1}$

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 2kg$

'গ' থেকে পাই, কম্পাঙ্ক,

$f = 0.25Hz$

বিস্তার, $A = 16\ cm$

$= 0.16\ m$

P বিন্দুতে কণার সরণ,

$x_1 = 6\ cm = 0.06\ m$

P বিন্দুতে কণাটি বিভব শক্তি,

$$(E_p)_P = \frac{1}{2} k x_1^2 = \frac{1}{2} \times 4.9348 \times (0.06)^2 = 8.883 \times 10^{-3}\ J$$

P বিন্দুতে কণাটির গতিশক্তি,

$$(E_k)_P = \frac{1}{2} k (A^2 - x^2) = \frac{1}{2} \times 4.9348 \times (0.16^2 - 0.06^2)$$
$$= 0.0543\ J$$

P বিন্দুতে মোট শক্তি,

$$E_P = (E_p)_P + (E_k)_P$$
$$= (8.883 \times 10^{-3} + 0.0543)J$$
$$= 0.0632\ J$$

Q বিন্দুতে কণার সরন x_2 হলে, এখানে বিভবশক্তি ও গতিশক্তি সমান।

এখন, বিভবশক্তি, $E_P = \frac{1}{2} kx_2^2$

গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2} k (A^2 - x_2^2)$

$\therefore$ Q বিন্দুর ক্ষেত্রে, $E_p = E_k$

বা, $\frac{1}{2} kx_2^2 = \frac{1}{2} k(A^2 - x_2^2)$

বা, $2x_2^2 = A^2$

বা, $x_2^2 = \frac{A^2}{2}$

বা, $x_2 = +\frac{A}{\sqrt{2}}$ [∵ Q বিন্দুতে ক্ষেত্রে সরণ x_2 ধনাত্মক]

$= \frac{0.16}{\sqrt{2}} = 0.113\ m$

$\therefore$ Q বিন্দুতে বিভবশক্তি, $(E_P)_Q = \frac{1}{2} kx_2^2$

$= \frac{1}{2} \times 4.9348 \times (0.113)^2$

$= 0.0316\ J$

Q বিন্দুতে গতিশক্তি, $(E_k)_Q = \frac{1}{2} k (A^2 - x_2^2)$

$= \frac{1}{2} \times 4.9348 \times (0.16^2 - 0.113^2)$

$= 0.03166\ J$

Q বিন্দুতে মোট শক্তি,

$$E_Q = (E_p)_Q + (E_k)_Q$$
$$= (0.03166 + 0.03166)J$$
$$= 0.0632J$$

দেখা যাচ্ছে, $E_p = E_Q$

তাই বলা যায়, P ও Q বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র পালিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৭

ভূ-পৃষ্ঠে একটি সরল দোলক সাম্যাবস্থান হতে সর্বাধিক বিস্তারে পৌঁছায় 0.5 sec সময়ে। উক্ত দোলকটি খনির গভীরে নিয়ে গেলে দিনে 16 sec সময় হারায়। [পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km] *◀ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে*

ক. পর্যাবৃত্ত গতি কাকে বলে? ১

খ. স্প্রিং ধ্রুবক k-এর মান কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২

গ. উদ্দীপকের দোলকটির দৈর্ঘ্য 40% বৃদ্ধি করলে দোলনকালের পরিবর্তন শতকরা কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের দোলকটির সাহায্যে খনির গভীরতা নির্ণয় করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল কোন বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে তা এর গতিপথের যেকোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে বস্তুকণার সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে।

খ স্প্রিং ধ্রুবক k এর মান নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে।

১. **স্প্রিং এর উপাদান:** স্প্রিং যে উপাদান দিয়ে তৈরি তার স্থিতিস্থাপকতা বেশি হলে স্প্রিং ধ্রুবক k এর মান বেশি হয়।

২. **স্প্রিং এর জ্যামিতিক আকৃতি:** স্প্রিং এর তারের ব্যাস যত বেশি হবে, স্প্রিং ধ্রুবক k তত বেশি হবে। স্প্রিং এর কুণ্ডলীর ব্যাস যত বেশি হবে, স্প্রিং ধ্রুবক k তত কম হবে।

৩. **স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য:** স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য যত কম হবে, স্প্রিং ধ্রুবক k তত বেশি হবে।

৪. **তাপমাত্রা:** তাপমাত্রার পরিবর্তন স্প্রিং এর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ককে প্রভাবিত করতে পারে।

গ দেওয়া আছে, ১ম ক্ষেত্রে দোলকটির দোলনকাল, $T_1 = 4 \times 0.5 = 2s$

মনে করি, ১ম ক্ষেত্রে দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য = L_1

$\therefore$ ২য় ক্ষেত্রে দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য, $L_2 = L_1 + L_1 \times \frac{40}{100}$

$= 1.4\ L_1$

২য় ক্ষেত্রে দোলকটির দোলনকাল, $T_2 = ?$

এক্ষেত্রে, $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L_1}{g}}$ এবং $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L_2}{g}}$

$\therefore \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$

বা, $T_2 = T_1 \times \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = 2 \times \sqrt{\frac{1.4\ L_1}{L_1}} = 2.366\ s$

দোলনকালের শতকরা পরিবর্তন $\frac{2.366 - 2}{2} \times 100 = 18.3\%$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

ভূপৃষ্ঠে দোলনকাল, $T = 2\ sec$

খনির গভীরে দোলনকাল

$T' = \frac{2 \times 86400}{86400 - n}$

$= \frac{2 \times 86400}{86400 - 16}$

$= \frac{10800}{5399}$

এখানে,

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\ km$

$= 6.4 \times 10^6\ m$

পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$g = 9.8\ ms^{-2}$

খনির গভীরে দিনে সময় হারায়,

$n = 16\ sec$

খনির গভীরে অভিকর্ষজ ত্বরণ g′ হলে,

$\frac{g'}{g} = \left(1 - \frac{h}{R}\right)$ যেখানে h = খনির গভীরতা

$= \left(\frac{R - h}{R}\right)$

আবার, $\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{g'}{g}}$

বা, $\frac{2}{\frac{10800}{5399}} = \sqrt{\frac{R - h}{R}}$

বা, $0.99963 = \frac{R - h}{R}$

বা, $h = R - 0.99963 \times R$

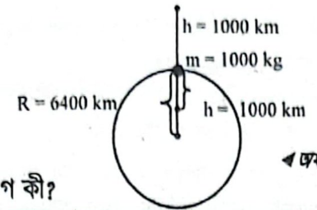
$= 6.4 \times 10^6 - 0.99963 \times 6.4 \times 10^6$

$= 2368\ m$

$\therefore$ উদ্দীপকের দোলকটির সাহায্যে খনির গভীরতা পাওয়া যায় 2368 m.

প্রশ্ন ▸ ৪৮ ঢাকা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km। পৃথিবী পৃষ্ঠে 1000 kg ভরের একটি বস্তু রাখা আছে।



◀ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. মুক্তিবেগ কী? ১

খ. "কোন বস্তুর প্রকৃত ওজন শূন্য না হলেও আপাত ওজন শূন্য হতে পারে" উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ভূপৃষ্ঠে বস্তুটির মহাকর্ষীয় বিভবশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ভূপৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় ও h গভীরতায় একটি সেকেন্ড দোলকের একদিনের সময়ের ত্রুটির তুলনা করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের কোনো স্থান থেকে সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা ঐ গ্রহ বা উপগ্রহে ফিরে আসে না সেই বেগই হলো তার মুক্তিবেগ।

খ কোন বস্তুর প্রকৃত ওজন শূন্য না হলেও প্রকৃত ওজন শূন্য হতে পারে। অভিকর্ষজ ত্বরণের ($g = 9.8\ m/s^2$) ফলে কোন বস্তুর ওপর পৃথিবীর আকর্ষণ বলের কারণে যে ওজন অনুভূত হয় তাকে প্রকৃত ওজন বলে। এক্ষেত্রে, প্রকৃত ওজন, $W = mg$।

কোন বস্তুর ওপর অভিকর্ষ বলের পাশাপাশি অন্য কোন বল প্রযুক্ত হবার ফলে যে ওজন অনুভূত হয় তা আপাত ওজন। যেমন: লিফটের সাহায্যে নামার ক্ষেত্রে কিংবা নভোচারী কক্ষপথে আবর্তন করলে এ ওজন অনুভূত হয়। লিফটের সাহায্যে কোন ব্যক্তি নিচে নামলে ব্যক্তির অনুভূত ওজন,

$F_{net} = mg - N$ (যেখানে N = আপাত ওজন)

$mg - N = ma$

যদি ব্যক্তিটি $a = g = 9.8\ m/s^2$ ত্বরণে নামে তবে $N = mg - mg = 0\ N$ এক্ষেত্রে ব্যক্তিটি ওজনহীনতা অনুভব করবে। অর্থাৎ, কোন বস্তুর প্রকৃত ওজন শূন্য না হলেও আপাত ওজন শূন্য হতে পারে।

গ আমরা জানি,

ভূপৃষ্ঠে মহাকর্ষীয় বিভবশক্তি,

$$E_P = -\frac{GMm}{R}$$

$$= -\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 1000}{6.4 \times 10^6}$$

$$= -6.25 \times 10^{10}\ J\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\ km$
$= 6.4 \times 10^6\ m$
পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}\ kg$
পৃথিবী পৃষ্ঠের বস্তুর ভর,
$m = 1000\ kg$
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11} Nm^2kg^{-2}$
মহাকর্ষীয় বিভবশক্তি, $E_P = ?$

ঘ আমরা জানি,

পর্যায়কাল, $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$

যেখানে, g = অভিকর্ষজ ত্বরণ

এখানে, উচ্চতা, $h = 1000\ km$
$= 1000 \times 10^3\ m$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400\ km$
$= 6.4 \times 10^6\ m$

ভূপৃষ্ঠে পর্যায়কাল, T_1 ও ভূ-পৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় পর্যায়কাল, T_2 হলে,

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{g}{g'}}$$

যেখানে g = ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ

g′ = ভূ-পৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ

$$\frac{g'}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

বা, $\frac{g}{g'} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$

$$\therefore \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{(R+h)^2}{R^2}} = \frac{R+h}{R}$$

$$= 1 + h/_R$$

$$\therefore T_2 = T_1 (1 + h/_R)$$

ভূ-পৃষ্ঠে সেকেন্ড দোলকের এক দিনের সময়কাল, $T_1 = 86400\ s$

$$\therefore T_2 = 86400 \times \left(1 + \frac{1000 \times 10^3}{6.4 \times 10^6}\right)$$

$$= 99900\ s$$

ভূ-পৃষ্ঠ থেকে h গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ g′ হলে, $\frac{g'}{g} = (1 - h/_R)$

বা, $\frac{g}{g'} = \frac{1}{\left(1 - \frac{h}{R}\right)}$

এক্ষেত্রে, ভূ-পৃষ্ঠ থেকে h গভীরতায় পর্যায়কাল, T_3 হলে,

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{1}{\sqrt{1 - h/_R}}$$

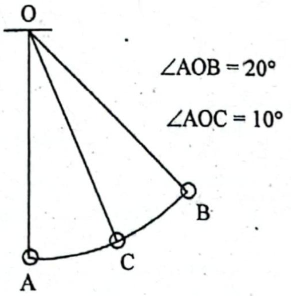
বা, $T_3 = T_1 \times \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{h}{R}}} = 86400 \times \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1000 \times 10^3}{6.4 \times 10^6}}}$

$$= 94060.4\ s$$

∴ h উচ্চতায় ও h গভীরতায় একটি সেকেন্ড দোলকের একদিনের সময়ের ত্রুটির অনুপাত $= \frac{99900 - 86400}{94060.4 - 86400} = 1.76$।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং

ববের ভর, 0.05 kg; দোলকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য, 1m; অভিকর্ষজ ত্বরণ, $9.8 ms^{-2}$।



◀ অধ্যায় ৫ ও ৮ এর সমন্ব

ক. মূল গড় বর্গবেগ কী?

খ. বৈদ্যুতিক পাখার গতি পর্যাবৃত্ত গতি— ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকে C বিন্দুর কার্যকর বল নির্ণয় করো।

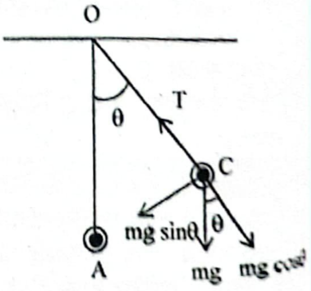
ঘ. A, B, C বিন্দুতে শক্তির নিত্যতা সূত্র পালিত হবে কি? বিশ্লে করো।

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাস অনুগুলোর বেগের বর্গের গড়মানের বর্গমূলই মূল বর্গবেগ।

খ বৈদ্যুতিক পাখা ঘূর্ণনের সময় এর গতিপথে একই দিক নির্দিষ্ট সময় পরপর কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে অতিক্রম করে কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্র করে তবে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। সুতরাং বৈদ্যুতিক পা গতি একটি পর্যাবৃত্ত গতি।

গ চিত্র থেকে দেখা যায়,



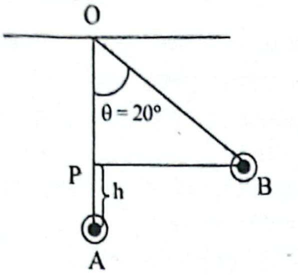
C বিন্দুতে, $T = mg\cos\theta$

অর্থাৎ, mg এর $mg\cos\theta$ উপাংশ সূতার টান দ্বারা নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়। তাই C বিন্দুর কার্যকরী বল,

$F = mg \sin\theta$
$= 0.05 \times 9.8 \times \sin 10°$
$= 0.085$ N **(Ans.)**

এখানে,
ববের ভর, $m = 0.05$ kg
C বিন্দুর কৌণিক সরণ, $\theta = 10°$
$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

ঘ B বিন্দুতে বা বিস্তার অবস্থানে ববের সম্পূর্ণ শক্তি বিভবশক্তি। B বিন্দুর উচ্চতা AP = h হলে,



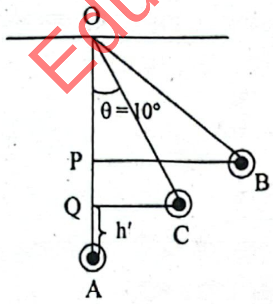
$OP = OA - h$
এখন, Δ OBP –এ
$\cos\theta = \frac{OP}{OB}$
বা, $OP = OB\cos\theta = l \cos 20°$
$\therefore OP = l \cos 20° = 0.9397$ m
$\therefore AP = h = OA - OP$
$= (1 - 0.9397)$ m
$= 0.0603$ m

এখানে,
দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য,
$l = OA = OB = 1$m
ববের ভর, $m = 0.05$kg
$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
B বিন্দুতে কোণ, $\theta = 20°$

$\therefore$ B বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_p = mgh = 0.05 \times 9.8 \times 0.0603$
$= 0.0296$ J

B বিন্দুতে বেগ $v = 0$, তাই গতিশক্তি, $E_k = 0$
$\therefore$ B বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_B = E_P + E_K = (0.0296 + 0) \text{ J} = 0.0296$ J
A বিন্দুতে বেগ v_A হলে,
$v_A^2 = u^2 + 2gh$ বা, $v_A^2 = 0^2 + 2g \times 0.0603 = 2g \times 0.0603$
$\therefore$ A বিন্দুতে গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} m \times (2g \times 0.0603)$
$= 0.05 \times 9.8 \times 0.0603$
$= 0.0296$ J

A বিন্দুতে সাম্যাবস্থায়, বিভবশক্তি, $E_p = 0$
$\therefore$ A বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_A = E_P + E_K = (0 + 0.0296) \text{ J} = 0.0296$ J



ΔOCQ -এ $\cos\theta = \frac{OQ}{OC}$
বা, $\cos 10° = \frac{OQ}{1}$
$\therefore OQ = \cos 10° = 0.9848$m
$\therefore$ C বিন্দুর উচ্চতা, $h' = AQ$
$= OA - OQ$
$= (1 - 0.9848)$ m
$= 0.0152$ m

C বিন্দুতে বিভবশক্তি, $Ep = mgh'$
$= 0.05 \times 9.8 \times 0.0152 = 0.007448$

ববটি B থেকে C তে নামায় উল্লম্ব সরণ
$s = PQ = AP - AQ$
$= 0.0603 - 0.0152$
$= 0.0451$ m

এখানে,
$OA = OB = OC = l = 1$ m
C বিন্দুতে কোণ, $\theta = 10°$

C বিন্দুতে বেগ v_C হলে,
$v_C^2 = u^2 + 2gs$ বা, $v_C^2 = 0^2 + 2gs$ বা, $v_C^2 = 2gs$
$\therefore$ C বিন্দুতে গতি শক্তি, $E_K = \frac{1}{2} mv_C^2 = \frac{1}{2} \times m \times 2gs = mgs$
$= 0.05 \times 9.8 \times 0.0451 = 0.0221$ J
$\therefore$ C বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_C = E_P + E_K = (0.007448 + 0.0221)$ J
$= 0.0296$ J
দেখা যাচ্ছে, $E_A = E_B = E_C = 0.0296$ J
সুতরাং বলা যায়, A, B, C বিন্দুতে শক্তির নিত্যতা সূত্র পালিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫০ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৭

12 Nm^{-1} এবং 6 Nm^{-1} বল ধ্রুবক বিশিষ্ট দুটি স্প্রিংকে হিমু শ্রেণি এবং শুভ্র সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত করে। উভয় ক্ষেত্রে 500 gm ভরের বস্তু ঝুলিয়ে কম্পাঙ্ক এবং সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করে।

ক. দশা কী? ১
খ. সকল সরল ছন্দিত গতিই পর্যাবৃত্ত কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত নয়– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. হিমুর সজ্জিত সমবায়ে স্প্রিং এর প্রসারণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. হিমু এবং শুভ্রর মধ্যে কে অধিক দোলনকাল পাবে? উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণার যে কোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা (সরণ, বেগ, ত্বরণ) প্রকাশকারী রাশিই দশা।

খ কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি তার গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে তাকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। আবার কোনো দোলনরত কণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে এর সরণের সমানুপাতিক এবং সবসময় সাম্যাবস্থান অভিমুখী হলে তাকে সরল দোলন গতি বলে। সকল পর্যাবৃত্ত গতির মধ্যে এই বৈশিষ্ট্যগুলো থাকে না। কিন্তু সকল সরল দোলন গতির মধ্যে পর্যাবৃত্ত গতির সকল বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান থাকে। তাই সকল সরল ছন্দিত গতিই পর্যাবৃত্ত গতি; কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত গতি নয়।

গ আমরা জানি,
$F = K_s x$
বা, $x = \frac{F}{K_s}$
বা, $x = \frac{mg}{K_s}$
বা, $x = \frac{0.5 \times 9.8}{4}$
$\therefore x = 1.225$ m

এখানে,
তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক, $K_s = \left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}\right)^{-1}$
$= \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{6}\right)^{-1}$
$= 4 \text{ Nm}^{-1}$
বস্তুর ভর, $m = 500 \text{ gm} = 0.5$ kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
স্প্রিং এর প্রসারণ, $x = ?$

অর্থাৎ, হিমুর সজ্জিত সমবায়ে স্প্রিং এর প্রসারণ 1.225 মিটার। **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,
হিমু স্প্রিংদ্বয়ের তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক,
$K_s = 4 \text{ Nm}^{-1}$
সুতরাং দোলনকাল, $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_s}}$
$= 2\pi \times \sqrt{\frac{0.5}{4}} = 2.221$ sec

এখানে,
স্প্রিং ধ্রুবক, $k_1 = 12 \text{ Nm}^{-1}$
$k_2 = 6 \text{ Nm}^{-1}$
বস্তুর ভর, $m = 500$ gm
$= 0.5$ kg

শুভ্র স্প্রিং দ্বয়কে সমান্তরালে সজ্জিত করে। তাই তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক, $k_p = k_1 + k_2 = 12 + 6 = 18 \text{ Nm}^{-1}$
সুতরাং দোলনকাল, $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_p}} = 2\pi \times \sqrt{\frac{0.5}{18}} = 1.05$ sec
এখানে, $T_1 > T_2$
সুতরাং হিমু এবং শুভ্রের মধ্যে হিমু অধিক দোলনকাল পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫১ বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৫

একটি সেকেন্ড দোলক পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে দোলনকাল পরিবর্তিত হয়ে যায় কিন্তু কার্যকরী দৈর্ঘ্য 1% কমালে পুনরায় সেকেন্ড দোলকের ন্যায় আচরণ করে। দোলকটির ববের ভর 50 g এবং দোলকটি পাহাড়ের চূড়ায় সাম্যাবস্থান থেকে 10 cm বিস্তার নিয়ে দোলে।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. সরল দোলকের ক্ষেত্রে $L - T^2$ লেখচিত্রের প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. পাহাড়ের চূড়ায় দোলকটির সর্বোচ্চ সরণে ববের উপর কার্যকর প্রত্যায়নী বলের মান কত এবং এটি সাম্যাবস্থা অতিক্রম কালে বেগ কত? ৪

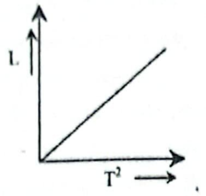
৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে 1 m প্রসারিত বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ সরলদোলকের দ্বিতীয় সূত্র দৈর্ঘ্যের সূত্র অনুযায়ী কৌণিক বিস্তার ক্ষুদ্র হলে কোনো নির্দিষ্ট স্থানে সরল দোলকের দোলনকাল (T) -এর কার্যকরী দৈর্ঘ্য (L) -এর বর্গমূলের সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ $T \propto \sqrt{L}$ বা, $T^2 \propto L$; যখন g ধ্রুব থাকে।

সুতরাং, L বনাম T^2 লেখচিত্রটি হবে একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা। লেখচিত্রটি নিম্নরূপ



গ

দোলনকাল স্থির থাকলে,

$L \propto g$

বা, $\frac{g_1}{g_2} = \frac{L_1}{L_2}$ যেখানে,

g_1 পৃথিবীতে অভিকর্ষজ ত্বরণ ও g_2 পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণ হলে,

$\therefore \frac{g_1}{g_2} = \frac{L}{0.99L} = \frac{1}{0.99}$

এখানে,
আদিতে কার্যকরী দৈর্ঘ্য,
$L_1 = L$
পাহাড়ের চূড়ায় কার্যকরী দৈর্ঘ্য,
$L_2 = L - 1\% L = 0.99L$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4 \times 10^6$ m

আমরা জানি,

$$\text{পাহাড়ের উচ্চতা, } h = \left[\left(\frac{g_1}{g_2}\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right] \times R$$
$$= \left[\left(\frac{L_1}{L_2}\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right] \times R$$
$$= \left[\left(\frac{L}{0.99L}\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right] \times 6.4 \times 10^6$$
$$= 5.0378 \times 10^{-3} \times 6.4 \times 10^6$$
$$= 32242.02 \text{ m } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, পাহাড়ের উচ্চতা, h = 32242.02 m

আমরা জানি,

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

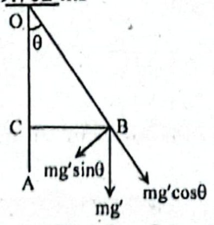
বা, $L = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9.8 \times (2)^2}{4\pi^2}$

$= 0.993$ m

সুতরাং, 'গ' হতে, $\frac{g}{g'} = \frac{1}{0.99}$

বা, $g' = 0.99 \times 9.8 = 9.702 \text{ ms}^{-2}$

এখানে,
ববের ভর, m = 50 g = 0.05 kg
বিস্তার, A = 10 cm = 0.1 m
সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল,
T = 2 sec
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, g'



এখানে, BC = A = 0.1 m এবং OB = OA = L = 0.993 m

$\sin\theta = \frac{BC}{OB} = \frac{0.1}{0.993}$

সুতরাং প্রত্যয়নী বল, $mg'\sin\theta = 0.05 \times 9.702 \times \frac{0.1}{0.933}$

$= 0.04885$ N

এখানে,

$AC = OA - OC = OA - OB\cos\theta$

$= L - L\sqrt{1 - \sin^2\theta}$

$= 0.993\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{0.1}{0.993}\right)^2}\right)$

$= 5.048 \times 10^{-3}$ m [B বিন্দুতে বেগ, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$]

A বিন্দুতে বেগ, v হলে, $v^2 = u^2 + 2g'h$

$\therefore v = \sqrt{0^2 + 2 \times 9.702 \times 5.048 \times 10^{-3}} = 0.313 \text{ ms}^{-1}$

সুতরাং, পাহাড়ের চূড়ায় দোলকটির সর্বোচ্চ সরণে ববের উপর কার্যক প্রত্যয়নী বলের মান 0.04885 N এবং সাম্যাবস্থা অতিক্রমকালে বেগ 0.313 ms^{-1}।

প্রশ্ন ▶ ৫২ ঢাকা সিটি কলেজ I প্রশ্ন নং

একটি সেকেন্ড দোলক কোন এক পাহাড়ের শীর্ষে সঠিকভাবে দোলন সম্পন্ন করে। কিন্তু দোলকটি ভূপৃষ্ঠে দিনে 2 মিনিট বেশি সময় প্রদর্শন করে। ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8ms^{-2} পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400km।

ক. শিশিরাঙ্ক কী?
খ. ইস্পাত এবং রাবারের তৈরি তারের মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিস্থাপক? ব্যাখ্যা কর।
গ. ভূ-পৃষ্ঠে ঘড়িটির দোলনকাল নির্ণয় কর।
ঘ. ভূ-পৃষ্ঠে দোলক ঘড়িটির সঠিক সময় প্রদর্শনের জন্য কার্যকরী দৈর্ঘ্যের কীরূপ পরিবর্তন করতে হবে? উদ্দীপকের আলোকে তা নির্ণয় কর।

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাই ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক।

খ কোন বস্তুর স্থিতিস্থাপকতা বলতে ঐ বস্তুকে বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে বিকৃতি ঘটানোর চেষ্টা করা হলে, তার পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসার ক্ষমতাকে বুঝায়। ইয়ং এর গুণাংক বস্তুর দৈর্ঘ্য প্রসারণের জন্য পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত প্রকাশ করে, যা স্থিতিস্থাপকতার পরিমাপক। ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাংক 2×10^{11} N/m², অন্যদিকে রাবারের ইয়ং এর গুণাংক $(1 \times 10^7 - 1 \times 10^8) \text{ Nm}^{-2}$। যার কারণে ইস্পাত ও রাবারের তারের মধ্যে ইস্পাতের তৈরি তার বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ

প্রশ্নানুসারে,
দোলকটি ভূ-পৃষ্ঠে দিনে 2 min বা 120 s বেশি সময় প্রদর্শন করে।

এখানে,
ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

(86400 + 120)টি অর্ধদোলন সম্পন্ন করে 86400 s এ

$\therefore$ 1 ” ” ” ” $\frac{86400}{86400 + 120}$ s এ

$\therefore$ 2 ” ” ” ” $\frac{2 \times 86400}{86520}$ s এ

= 1.997 s এ

$\therefore$ ভূ-পৃষ্ঠে ঘড়িটির দোলনকাল 1.997 s **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

ভূ-পৃষ্ঠে ত্রুটিপূর্ণ দোলকটির দোলনকাল 1.997 s

আমরা জানি,

সরল দোলকের দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

$T \propto \sqrt{L}$

$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$

$\frac{2}{1.997} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$

$\frac{L_2}{L_1} = 1.01$

$L_2 = 1.01 L_1$

দৈর্ঘ্য বাড়াতে হবে $= \frac{(1.01 - 1)L_1}{L_1} \times 100$

$= 1\%$

$\therefore$ দৈর্ঘ্য 1% বৃদ্ধি করতে হবে।

এখানে,
ত্রুটিপূর্ণ দোলকের দোলনকাল,
$T_1 = 1.997$ s
সঠিক দোলকাল,
$T_2 = 2$ s

প্রশ্ন ▶ ৫৩ বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

20 cm দৈর্ঘ্যের একটি স্প্রিংকে একটি দৃঢ় অবলম্বন থেকে উল্লম্বভাবে ঝুলিয়ে এর অপর প্রান্তে 2.2kg ভরের বস্তু চাপানো হলে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য 24 cm হয়। এমতাবস্থায় স্প্রিংটিকে টেনে এর দৈর্ঘ্য 26 cm করে ছেড়ে দেওয়া হলো। একজন পর্যবেক্ষক 2.5 sec এবং 0.5 sec পর বস্তুটির বেগ পরিমাপ করলেন। স্প্রিংটির ভর নগন্য।

ক. পর্যায়বৃত্ত গতি বলতে কী বুঝ? ১
খ. $L - T^2$ লেখচিত্রটি মূল বিন্দুগামী সরল রেখা হয় কেন? ২
গ. স্প্রিংটির দোলনকাল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পর্যবেক্ষক কর্তৃক নিণীত, বেগদ্বয় সমান হবে কি না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল কোন বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে তা এর গতিপথের যেকোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে বস্তুকণার সেই গতিই পর্যায়বৃত্ত গতি।

খ সরল দোলকের ক্ষেত্রে, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g}$

$$\therefore \frac{L}{T^2} = \frac{g}{4\pi^2}$$

নির্দিষ্ট স্থানে g ধ্রুবমানের হওয়ায়, $\frac{L}{T^2}$ = ধ্রুবক

সুতরাং সরল দোলকের ক্ষেত্রে $L - T^2$ লেখচিত্রটি L = ধ্রুবক $\times T^2$

বা, $y = mx$ সরলরেখার মতো হবে যা মূলবিন্দুগামী সরলরেখার সমীকরণ।
সুতরাং, লেখচিত্রটি একটি মূল বিন্দুগামী সরলরেখা হবে।

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.4014 sec।

ঘ ৩০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.5 sec পর বেগ $-0.31\ ms^{-1}$ এবং 0.5 sec পর বেগ $-0.313\ ms^{-1} \approx -0.31\ ms^{-1}$। অর্থাৎ পর্যবেক্ষক কর্তৃক নিণীত বেগদ্বয় সমান।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৬

একটি সেকেন্ড দোলক পাহাড়ের পাদদেশে সঠিক সময় দেয়। কিন্তু পাহাড়ের উপরে দোলকটি ঘণ্টায় 30 সেকেন্ড সময় হারায়।

ক. সেকেন্ড দোলক কাকে বলে? ১
খ. গরম কালে ঘড়ি ধীরে চলে কেন? ২
গ. পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে পাহাড়ের উপরে দোলকটি সঠিক সময় দিবে। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ গরম কালে দোলকঘড়ির কার্যকর দৈর্ঘ্য বেড়ে যায় বলে দোলনকাল বৃদ্ধি পায় এবং দোলনকাল বৃদ্ধির কারণেই গরম কালে দোলন ঘড়ি ধীরে চলে। সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে দৈর্ঘ্য, L এর মান বৃদ্ধি পেলে দোলনকাল, T এর মান বৃদ্ধি পাবে। কারণ কোনো নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষণ ত্বরণ, g নির্দিষ্ট। তাই গরম কালে দোলনকাল বেড়ে যায় বলে-দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

একটি স্প্রিংকে উলম্বভাবে ঝুলিয়ে এর নিচ প্রান্তে 300gm ভরের একটি বস্তুকে মুক্তভাবে ঝুলিয়ে দিলে এটি 4cm প্রসারিত হয় এবং বস্তুটিকে একটু টেনে ছেড়ে দিলে 8cm বিস্তারে এটি স্পন্দিত হয়। ($g = 9.8\ ms^{-2}$)

ক. মহাকর্ষীয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. কোন স্থানের শিশিরাঙ্ক 16°C বলতে কি বুঝ? ২
গ. বস্তুটির সর্বোচ্চ ত্বরণ কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের বস্তুটির ভর 500gm হলে স্প্রিংটির কম্পাঙ্কের কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভর বিশিষ্ট দুটি বস্তু কণা একক দূরত্ব থেকে যে পরিমাণ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে তার সংখ্যাগত মানকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

খ কোনো স্থানের শিশিরাংক 16°C বলতে বুঝায়, 16°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা উক্ত স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হবে এবং তা ঘনীভূত হয়ে শিশির জমতে শুরু করবে।

গ ২৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $-19.6\ ms^{-2}$

ঘ ২৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

স্বাভাবিক অবস্থায় একটি সরল দোলক 3 সেকেন্ডে একটি পূর্ণ দোলন সম্পন্ন করে। শীতকালে একটি পাহাড়ের পাদদেশে তাপমাত্রা কমে যাওয়ায় দোলকটি দিনে 30 sec দ্রুত চলে। ঐ একই তাপমাত্রায় দোলকটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে দেখা গেলে যে এটি দিনে এক মিনিট স্লো চলে।

ক. কালিক পর্যায় কাকে বলে? ১
খ. সরল দোলকের ক্ষেত্রে কৌণিক সরণ 4° এর কম রাখা হয় কেন– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. শীতকালে পাহাড়ের পাদদেশে দোলকটির দোলনকাল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে দেওয়া তথ্য ব্যবহার করেই ঐ পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করা সম্ভব– কথাটি গাণিতিকভাবে প্রমাণ করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কালিক পর্যাবৃত্তীয় কোন রাশি বা ফাংশন যে নির্দিষ্ট সময় পরপর একটি পূর্ণ পর্যায় সম্পন্ন করে, অর্থাৎ যে সময় পরপর রাশিটির মান এবং সময়ের সাপেক্ষে রাশিটির পরিবর্তনের হারের পুনরাবৃত্তি ঘটে তাকে কালিক পর্যায় বলে।

খ সরল দোলকের গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি বিবেচনা করতে হলে এর কৌনিক বিস্তার 4° এর কম রাখা জরুরি। কৌণিক বিস্তার 4° এর বেশি হলে সরল দোলকের গতিপথ বৃত্তাকার হয়ে পড়ে, তখন এ গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি বিবেচনা করা সম্ভব নয়। তদুপরি, সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ প্রতিপাদনের সময় কৌণিক বিস্তার অনধিক 4° –এরূপ বিবেচনা করা হয়।

গ দেওয়া আছে,

দোলকটি 1টি পূর্ণদোলন দেয় 3 s এ
" 1 " অর্ধদোলন " 1.5 s "

এখন,

1 day = 86400 sec

স্বাভাবিক অবস্থায়

1.5 sec এ অর্ধদোলন দেয় 1টি

$\therefore$ 86400 sec " " $\frac{86400}{1.5}$ টি

$= 57600$টি

$\because$ দোলকটি 30 sec দ্রুত চলে।

$\therefore$ দোলকটি (57600 + 30)টি অর্ধদোলন দেয় 86400 sec এ

$\therefore$ " 1 " " " $\frac{86400}{(57600 + 30)}$ এ

$\therefore$ " 2 " " " $\frac{2 \times 86400}{57630}$ sec এ

$= 2.99$ sec

$\therefore$ পাহাড়ের পাদদেশে দোলনকাল = 2.998 sec (Ans.)

ঘ প্রশ্নমতে, পাহাড়ের চূড়ায় দিনে 1 min/60 sec ধীরে চলে।
গ হতে পাই,
স্বাভাবিক অবস্থায়, 86400 sec এ অর্ধদোলন দেয় 57600টি
60 sec ধীরে চললে
(57600 − 60)টি অর্ধদোলন দেয় 86400 s এ

$$\therefore \quad 2\text{টি} \quad " \quad " \quad \frac{2 \times 86400}{57600 - 60} \text{ এ}$$
$$= 3.00313 \text{ sec এ}$$

আবার, স্বাভাবিক অবস্থায় দোলনকাল $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ এবং পাহাড়ের চূড়ায় দোলনকাল $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g'}}$

$$\therefore \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}}$$

যেখানে, g = ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ ও g′ = পাহাড়ের চূড়ায় ভূ-পৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ

এখন, $\frac{g'}{g} = \frac{R^2}{(R + h)^2}$ যেখানে, R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ = 6400km

সমীকরণটি $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}}$ এ বসিয়ে পাই,

$$\frac{T'}{T} = \frac{R + h}{R}$$
$$\text{বা, } \frac{T'}{T} = 1 + \frac{h}{R}$$
$$\text{বা, } \frac{h}{R} = \frac{T'}{T} - 1$$
$$\text{বা, } h = \left(\frac{T'}{T} - 1\right)R$$
$$= \left(\frac{3.00313}{3} - 1\right) 6400 \text{ km [পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, } R = 6400 \text{ km ধরে]}$$
$$= 6.67 \text{ km}$$

∴ উদ্দীপকে দেয়া তথ্য ব্যবহার করেই ঐ পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৫৭ বেপজা পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

নিহা কলেজের গ্রীষ্মের ছুটি কাটাতে দাদার বাড়িতে বেড়াতে গিয়ে ধাতব পেন্ডুলামযুক্ত একটি দেয়াল ঘড়ি দেখতে পেল যার পেন্ডুলামটি 1s সময়ে বাম দিক থেকে ডান দিকে যায়। ঘড়িটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিলে দৈনিক 140 s সময় হারায়। [$R = 6450$ km, $g = 9.8$ ms^{-2}]

ক. স্বাধীনতার মাত্রা কী? ১
খ. একটি দোলক ঘড়ির দোলনকাল 2.5 s হলে এটি সঠিক সময় দিবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের আলোকে পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ঘড়িটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিতে যাওয়ার পরও দোলনকাল অপরিবর্তিত রাখতে কী ব্যবস্থা নিতে হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা বা অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাই স্বাধীনতার মাত্রা।

খ দোলকঘড়ির দোলনকাল 2.5 s হলে তা একটি অর্ধদোলনে সময় নেয় $\frac{2.5}{2}$ বা 1.25 s। ফলে, সেকেন্ড দোলকের ন্যায় এই দোলকের একটি অর্ধদোলনকে এক সেকেন্ড ধরে সময় বিবেচনা করলে হিসাবকৃত সময় সঠিক হবে না। কিন্তু এ দোলকের একটি অর্ধদোলনকে 1.25 s-ই ধরে সময় হিসাব করলে সঠিক সময় পাওয়া যাবে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 10468.35 m।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** দোলকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য 0.324% হ্রাস করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৮ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর ▌প্রশ্ন

নগন্য ভরের 30 cm দীর্ঘ কোনো স্প্রিং এর এক প্রান্ত কোনো দৃঢ় অবল আটকিয়ে অপর প্রান্তে 2 kg ভর ঝুলালে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য 35 cm হ সংযুক্ত থাকা অবস্থায় 39 cm টেনে ছেড়ে দেওয়া হলো। একজন শিক্ষা 2.24 sec এবং 4.48 sec পর বেগ পরিমাপ করল।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী?
খ. রাস্তার ব্যাংকিং এর প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো।
গ. স্প্রিংটির দোলনকাল নির্ণয় করো।
ঘ. শিক্ষার্থীর উভয়ক্ষেত্রে পরিমাপকৃত বেগ একই হবে কিনা? ব্যা করো।

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রী করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রী বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় ব জড়তার ভ্রামকের সমান হয়। তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রী বস্তুকণার লম্ব দূরত্বই চক্রগতির ব্যাসার্ধ।

খ আমরা জানি, বৃত্তাকার পথে কোনো বস্তু ঘুরতে কেন্দ্রমুখী বল প্রয়োজন। বাঁকা রাস্তায় গাড়ির গতিও বৃত্তাকার। তাই বাঁকা রাস্তায় গা ঘোরানোর সময় কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুখী বল সৃ করার জন্য বাঁকা রাস্তার ভিতরের দিক অপেক্ষা বাইরের দিক কিছুটা উঁ করে তৈরি করা হয়। একে রাস্তার ব্যাংকিং বলে। বাঁকা রাস্তায় ব্যাংকি থাকে বলে গাড়ি মোড় নেয়ার সময় কেন্দ্রের দিকে কিছুটা হেলে পড় যাতে প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করতে পারে।

গ ৩১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৫৯ মোহাম্মদ ইমারাত হোসেইন আরিফ কলে
কোনাবাড়ী, গাজীপুর ▌প্রশ্ন নং

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলো উত্তর দাও:
একটি সেকেন্ড দোলক ভূ-পৃষ্ঠে সঠিক সময় দেয়। একে পাহাড়ের চূড় নিলে দিনে 120 সে সময় হারায়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400km।

ক. পর্যাবৃত্ত গতি কাকে বলে? ১
খ. একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2.5 Nm^{-1} বলতে কী বুঝায়? ২
গ. পাহাড়ের চূড়ার উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের দোলকটি পাহাড়ের চূড়ায় সঠিক সময় দিতে হল কী ব্যবস্থা নিতে হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল কোনো বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, তা এর গতিপথে যেকোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থে অতিক্রম করে, তবে বস্তুকণার সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে।

খ একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2.5 Nm^{-1} বলতে বুঝায় যে সাম্যাবস্থান থেকে স্প্রিংটির মুক্ত প্রান্তের 1m সরণ ঘটানো হলে স্প্রি এর অভ্যন্তরে 2.5 N প্রত্যয়নী বল উদ্ভূত হয়। অর্থাৎ, ঐ অবস্থা বজা রাখতে হলে বাইরে থেকে 2.5N বল স্প্রিং এর সরণের দিকে সাম্যাস্থানের বিপরীতে প্রয়োগ করতে হবে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8901.25 m

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** দোলকের কার্যক দৈর্ঘ্য 0.28% হ্রাস করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৬০ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▌প্রশ্ন নং

একটি সেকেন্ড দোলক ঘড়ি পাহাড়ের পাদদেশে সঠিক সময় দেয় কি পাহাড়ের চূড়ায় উঠালে দিনে 3 মিনিট ধীরে চলে। পৃথিবীর ব্যাসা 6400 km।

ক. সেকেন্ড দোলক কাকে বলে?
খ. একটি দোলক ঘড়ি খনির ভিতরে নিয়ে গেলে সেটি দ্রুত ধীরে চলবে? ব্যাখ্যা করো।
গ. উদ্দীপকের পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করো।
ঘ. পাহাড়ের চূড়ায় সঠিক সময় পেতে হলে দোলকের দৈর্ঘ্য ক % পরিবর্তন করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

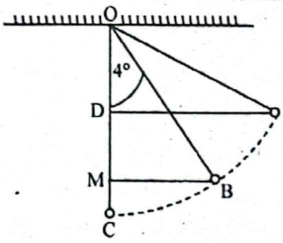
ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ আমরা জানি, দোলকের দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$। কার্যকরী দৈর্ঘ্য, L ধ্রুব থাকলে, $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$। অর্থাৎ দোলনকাল, T অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। আবার, ভূপৃষ্ঠ থেকে d গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$। এই সূত্রানুসারে, ভূপৃষ্ঠ থেকে যত গভীরে যাওয়া যায়, অভিকর্ষজ ত্বরণের মান তত কমতে থাকে। তাই, খনির ভেতরে নিয়ে গেলে g এর মান কমে। তাই, $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$ সূত্রানুসারে, g কমলে দোলনকাল T বাড়ে, তাই ঘড়িটি ধীরে চলে। এজন্য দোলক ঘড়ি খনির ভিতরে নিয়ে গেলে সেটি ধীরে চলবে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 13.36 km

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** পাহাড়ের চূড়ায় সঠিক সময় পেতে হলে দোলকের দৈর্ঘ্য 0.42% কমাতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬১ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী । প্রশ্ন নং ৫



চিত্র: দোলায়মান সরল দোলক

0.04 kg ভরের একটি বস্তুকে চিত্রের অনুরূপে 2m দৈর্ঘ্যের একটি সূতা দ্বারা ঝুলানো হলো যেখানে, DA = 0.5 m।

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত করো। ১

খ. পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে কোনো বস্তুর ওজন বিভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের B বিন্দুতে বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ববটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলছে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

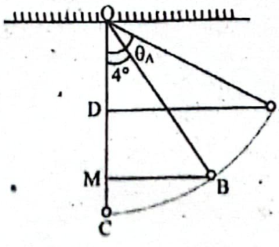
ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ কোনো বস্তুকে পৃথিবী তার কেন্দ্রের দিকে যে বলে আকর্ষণ করে, তাই বস্তুর ওজন। বস্তুর ভর m হলে, ওজন W = mg। যেখানে g = অভিকর্ষজ ত্বরণ। বস্তুর ভর সর্বদা ধ্রুব হলেও অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর মান পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয়, তাই বস্তুর ওজনও বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয়। মেরুতে g এর মান বেশি, তাই বস্তুর ওজন সেখানে বেশি। বিষুবীয় অঞ্চলে g এর মান কম, তাই বস্তুর ওজন সেখানে কম। এজন্য পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে কোনো বস্তুর ওজন বিভিন্ন হয়।

গ A বিন্দুর কোণ θ_A হলে,

$$\sin\theta_A = \frac{DA}{OA} = \frac{0.5}{2} = \frac{1}{4}$$

$$\therefore \theta_A = \sin^{-1}\left(\frac{1}{4}\right) = 14.4775°$$



A বিন্দুতে বিভবশক্তি,

$$E_{PA} = mg \times CD = mg\,(OC - OD)$$
$$= mg\,(OC - OA\cos\theta_A)$$
$$= mg\,(l - l\cos\theta_A)$$
$$= mgl\,(1 - \cos\theta_A)$$

A বিন্দুতে ববটি বিস্তারে থাকায়, এখানে, বেগ $v = 0\ ms^{-1}$

তাই গতিশক্তি, $E_{KA} = 0\ J$

একইভাবে, B বিন্দুতে বিভবশক্তি,

$E_{PB} = mgl\,(1 - \cos\theta_B)$,

গতিশক্তি, $= E_{KB} = \frac{1}{2}mv_B^2$

এখানে,
বস্তুর ভর, m = 0.04 kg
সূতার দৈর্ঘ্য,
$l = OA = OB = OC = 2\ m$
$DA = 0.5\ m$
B বিন্দুর কোণ, $\theta_B = 4°$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
B বিন্দুতে বেগ, $v_B = ?$

এখন, শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি অনুসারে,

A বিন্দুতে মোট শক্তি = B বিন্দুতে মোট শক্তি

বা, $E_{PA} + E_{KA} = E_{PB} + E_{KB}$

বা, $mgl\,(1 - \cos\theta_A) + 0 = mgl\,(1 - \cos\theta_B) + \frac{1}{2}mv_B^2$

বা, $mgl(1 - \cos\theta_A - 1 + \cos\theta_B) = \frac{1}{2}mv_B{}^2$

বা, $mgl\,(\cos\theta_B - \cos\theta_A) = \frac{1}{2}mv_B^2$

বা, $v_B = \sqrt{2gl\,(\cos\theta_B - \cos\theta_A)}$
$= \sqrt{2 \times 9.8 \times 2\,(\cos4° - \cos14.4775°)}$
$= 1.072\ ms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ ΔOAD-এ $OD = \sqrt{OA^2 - DA^2} = \sqrt{2^2 - (0.5)^2} = 1.9365m$

∴ A বিন্দুর উচ্চতা,

$h_A = DC = OC - OD$
$= (2 - 1.9365)\ m$
$= 0.0635\ m$

∴ A বিন্দুতে ববের বিভবশক্তি,

$E_{PA} = mgh_A$
$= 0.04 \times 9.8 \times 0.0635$
$= 0.025\ J$

A বিন্দুতে ববটি বিস্তারে থাকায় এখানে বেগ, $v = 0\ ms^{-1}$,

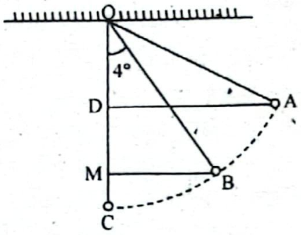
তাই গতিশক্তি, $E_{KA} = 0\ J$

∴ A বিন্দুতে মোট শক্তি,

$E_A = E_{PA} + E_{KA}$
$= (0.025 + 0)\ J = 0.025\ J$

B বিন্দুর ক্ষেত্রে,

$OM = OB\cos\theta$
$= 2\cos4° = 1.995\ m$



এখানে,
ভর, m = 0.04 kg
সূতার দৈর্ঘ্য, OA = OB = OC = 2m
দূরত্ব, DA = 0.5 m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
কোণ, $\theta = 4°$

∴ B বিন্দুর উচ্চতা, $h_B = CM = OC - OM$
$= (2 - 1.995)\ m = 0.005\ m$

∴ B বিন্দুতে ববের বিভবশক্তি, $E_{PB} = mgh_B = 0.04 \times 9.8 \times 0.005$
$= 0.00196\ J$

ববটি A থেকে B তে আসায় খাড়া সরণ, $DM = OM - OD$
$= 1.995 - 1.9365 = 0.0585\ m$

B বিন্দুতে বেগ v_B হলে, $v_B{}^2 = v^2 + 2gDM = 0^2 + 2gDM = 2gDM$
[∵ A বিন্দুতে বেগ, v = 0]

∴ B বিন্দুতে গতিশক্তি, $E_{KB} = \frac{1}{2}mv_B{}^2 = \frac{1}{2}m\,(2gDM) = mgDM$
$= 0.04 \times 9.8 \times 0.0585 = 0.0229\ J$

∴ B বিন্দুতে মোটশক্তি, $E_B = E_{PB} + E_{KB} = (0.00196 + 0.0229)\ J$
$= 0.025\ J$

আর, C বিন্দুর ক্ষেত্রে,

ববের উচ্চতা, $h_C = 0\ m$, বিভবশক্তি, $E_{PC} = 0\ J$। বব A থেকে C তে আসায় খাড়া সরণ, $DC = 0.0635\ m$

C বিন্দুতে বেগ v_C হলে, $v_C{}^2 = v^2 + 2gDC = 0^2 + 2gDC$
$= 2gDC$

∴ C বিন্দুতে গতিশক্তি, $E_{KC} = \frac{1}{2}mv_C{}^2 = \frac{1}{2}m(2gDC)$
$= mgDC = 0.04 \times 9.8 \times 0.0635 = 0.025\ J$

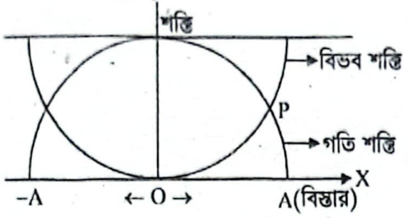
∴ C বিন্দতে মোট শক্তি, $E_C = E_{PC} + E_{KC} = (0 + 0.025)\ J = 0.025\ J$

দেখা যাচ্ছে, $E_A = E_B = E_C$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের ববটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলছে।

প্রশ্ন ▶ ৬২ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ❚ প্রশ্ন নং ৬

নিচের উদ্দীপকে একটি সরল দোলগতি সম্পন্ন কণার শক্তি বনাম সরণের লেখচিত্র দেওয়া হলো:



কণাটির সরণের সমীকরণ: $x = 0.12 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ SI একক এবং ভর $m = 0.5$ kg।

- ক. দশা কী? ১
- খ. সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক কিন্তু বিপরীতমুখী— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. P বিন্দুতে কণাটির ত্বরণ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে এবং সর্বোচ্চ বিস্তার A তে শক্তির নিত্যতা প্রযোজ্য হবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থা (সরণ, বেগ, ত্বরণ) প্রকাশকারী রাশিই দশা।

খ সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক কিন্তু বিপরীতমুখী। অর্থাৎ, ত্বরণ a ও সরণ x হলে, $a \propto - x$। ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক হওয়ার অর্থ হল ত্বরণ সমত্বরণ নয়। ত্বরণের মান সাম্যাবস্থা থেকে সরণের সাথে সাথে বৃদ্ধি পায়। সাম্যাবস্থা থেকে কণার সরণ যত বেশি, এর ত্বরণও তত বেশি। আবার, ত্বরণ সরণের বিপরীতমুখী এর অর্থ হলো ত্বরণের দিক সরণের বিপরীত দিকে। অর্থাৎ, যদি বস্তুর সরণ সাম্যাবস্থান থেকে বাইরে হয়, ত্বরণের দিক হবে সাম্যাবস্থানের দিকে।

গ কণাটির সরণের সমীকরণ, $x = 0.12 \sin(\pi t + \frac{\pi}{2})$; একে

$x = A\sin(\omega t + \delta)$ এর সাথে তুলনা করে পাই, বিস্তার, $A = 0.12$ m, কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = \pi$ rads^{-1}।

আদি দশা, $\delta = \frac{\pi}{2}$

লেখচিত্র থেকে পাই, P বিন্দুতে কণার গতিশক্তি ও বিভবশক্তি সমান অর্থাৎ, গতিশক্তি, $E_K = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$ এবং বিভবশক্তি, $E_P = \frac{1}{2}kx^2$

এখন, P বিন্দুতে কণার সরণ x হলে,

$E_P = E_K$

বা, $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$

বা, $x^2 = A^2 - x^2$

বা, $2x^2 = A^2$

বা, $x^2 = \frac{A^2}{2} \therefore x = \pm\frac{A}{\sqrt{2}}$

P বিন্দুতে সরণ, x ধনাত্মক। তাই P বিন্দুতে কণার সরণ, $x = \frac{A}{\sqrt{2}}$

∴ P বিন্দুতে ত্বরণ,

$a = -\omega^2 x = -\omega^2\frac{A}{\sqrt{2}}$

$= -(\pi)^2 \times \frac{0.12}{\sqrt{2}}$

$= -0.837$ ms^{-2} **(Ans.)**

এখানে,
কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = \pi$ rads^{-1}
বিস্তার, $A = 0.12$ m

ঘ 'গ' থেকে পাই, কণার বিস্তার, $A = 0.12$ m, কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = \pi$ rads^{-1}

P বিন্দুতে কণার সরণ, $x = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{0.12}{\sqrt{2}} = 0.08485$ m

বল ধ্রুবক k হলে, আমরা জানি,

$\omega^2 = \frac{k}{m}$

বা, $k = m\omega^2 = 0.5 \times (\pi)^2 = 4.9348$ Nm^{-1}

এখানে,
ভর, $m = 0.5$ kg

P বিন্দুতে,

বিভবশক্তি, $E_P = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 4.9348 \times (0.08485)^2 = 0.01777$ J

গতিশক্তি, $E_K = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$

$= \frac{1}{2} \times 4.9348 \times ((0.12)^2 - (0.08485)^2)$

$= 0.01777$ J

∴ P বিন্দুতে মোট শক্তি,

$E_T = E_P + E_K$

$= 0.01777$ J $+ 0.01777$ J

$= 0.0355$ J

সর্বোচ্চ বিস্তার A তে,

বিভবশক্তি, $E_p' = \frac{1}{2}kA^2$

$= \frac{1}{2} \times 4.9348 \times (0.12)^2$

$= 0.0355$ J

গতিশক্তি, $E_k' = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$

$= \frac{1}{2}k(A^2 - A^2) = 0$ J

∴ A বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_T' = E_p' + E_k' = 0.0355 + 0 = 0.0355$ J

দেখা যাচ্ছে, $E_T = E_T'$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের P বিন্দুতে এবং সর্বোচ্চ বিস্তার A তে শ নিত্যতা প্রযোজ্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ ❚ প্রশ্ন নং

ভূ-পৃষ্ঠে সঠিক সময় দেয় এমন একটি সেকেন্ড দোলককে প্রথমে ভূ-পৃ হতে 4×10^5 m উচ্চতায় এবং পরবর্তীতে ভূ-পৃষ্ঠ হতে 4×10 গভীরতায় নিয়ে যাওয়া হলো। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6.4×10^6 m।

◀ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সম

- ক. সেকেন্ড দোলক কাকে বলে?
- খ. কোন বস্তু কিভাবে স্থিতিশক্তি অর্জন করে ব্যাখ্যা দাও।
- গ. উদ্দীপকের গভীরতায় 10 kg ভরের একটি বস্তুর ওজন কত?
- ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত উচ্চতায় এবং গভীরতায় সেকেন্ড দোল প্রতিদিন যে পরিমাণ সময় হারাবে বা লাভ করবে তার তু কর।

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দো বলে।

খ কোনো একটি বস্তুকে স্বাভাবিক অবস্থা বা অবস্থান থেকে পরি করে অন্য কোনো অবস্থা বা অবস্থানে আনলে এটি কাজ কর সামর্থ্য অর্জন করে তাকেই স্থিতিশক্তি বলে। যেমন: কোনো এ বস্তুকে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে ওপরে তুলতে বাইরের কোনো উৎসের কৃতকাজের প্রয়োজন হয়। এই কাজ বস্তুর মধ্যে স্থিতিশক্তি হি সঞ্চিত থাকে। আবার, ঘড়ি বা খেলনা গাড়ির স্প্রিং-এ বল প্রয়োগ স্প্রিংটি স্বাভাবিক অবস্থা থেকে সংকুচিত অবস্থায় এসে কাজ সামর্থ্য অর্জন করে। এভাবেই কোনো বস্তু স্থিতিশক্তি অর্জন করে।

গ আমরা জানি, d গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$

$= 9.8\left(1 - \frac{4 \times 10^5}{6.4 \times 10^6}\right)$

$\therefore g_d = 9.1875$ ms^{-2}

এখন,

ওজন, $W = mg_d = 10 \times 9.1875$

$\therefore W = 91.875$ N

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8$ ms^{-2}
গভীরতা, $d = 4 \times 10^5$ m
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10$
বস্তুর ভর, $m = 10$ kg

অর্থাৎ, উদ্দীপকের গভীরতায় বস্তুটির ওজন 91.857 N **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, ভূপৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$ এবং ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{R^2}$

$$\frac{g_h}{g} = \frac{\frac{GM}{(R+h)^2}}{\frac{GM}{R^2}} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

$$\therefore g_h = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \times g$$

$$= \left(\frac{6.4\times10^6}{6.4\times10^6+4\times10^5}\right) \times 9.8$$

$$g_h = 8.68\ ms^{-2}$$

এখানে,
ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$
উচ্চতা, $h = 4 \times 10^5$ m
গভীরতা, $d = 4 \times 10^5$ m
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6$ m
বস্তুর ভর, m = 10kg

'খ' হতে প্রাপ্ত, 4×10^5 m গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_d = 9.1875\ ms^{-2}$

এখানে, $g_h < g$ এবং $g_d < g$, তাই উভয়ক্ষেত্রেই সময় হারাবে।
সেকেন্ড দোলকটি h উচ্চতায় প্রতিদিন n সেকেন্ড সময় হারালে
আমরা জানি,

$$\sqrt{\frac{g_h}{g}} = \frac{86400 - n}{86400}$$

বা, $\sqrt{\frac{8.68}{9.8}} = \frac{86400 - n}{86400}$

$\therefore n \approx 5087$ sec

আবার, সেকেন্ড দোলকটি d গভীরতায় দিনে n′ সেকেন্ড সময় হারালে

$$\sqrt{\frac{g_d}{g}} = \frac{86400 - n'}{86400}$$

বা, $\sqrt{\frac{9.1875}{9.8}} = \frac{86400 - n'}{86400}$

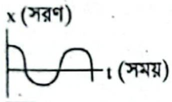
$\therefore n' \approx 2744$ sec

সুতরাং, উল্লেখিত উচ্চতায় প্রতিদিন 5087 sec সময় হারাবে এবং গভীরতায় প্রতিদিন 2744 sec সময় হারাবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ ❚ প্রশ্ন নং ৬

একটি সেকেন্ড দোলক ভূ-পৃষ্ঠে সঠিক সময় দেয়। পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে দিনে 150 sec সময় হারায়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6.4×10^6 m; ভূ-পৃষ্ঠে g এর মান $9.8\ ms^{-2}$।

ক. সরল দোলন গতি কাকে বলে? ১

খ. 

লেখ চিত্রানুযায়ী বেগ-সময় লেখচিত্র ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দোলকটির কীরূপ পরিবর্তন করলে পাহাড়ের চূড়ায় সেকেন্ড দোলকের ন্যায় আচরণ করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

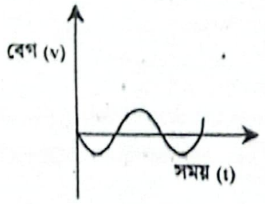
৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোনো কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয়, যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিকে সরল দোলন গতি বলে।

খ সরণ বনাম সময় লেখচিত্রটি দেখা যাচ্ছে এটি একটি cosine ফাংশন। সুতরাং $x = A\cos\omega t$ হবে।

আবার, বেগ, $v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(A\cos\omega t) = -\omega A \sin\omega t$

v বনাম t লেখচিত্রটি হবে সাইন ফাংশন এবং ঋণাত্মক চিহ্ন থাকায় লেখচিত্রটি উল্টো হবে।



গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 11130.43 m।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** দোলকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য 0.35% হ্রাস করলে এটি সেকেন্ড দোলকের ন্যায় আচরণ করবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ মুমিনুন্নিসা সরকারি মহিলা কলেজ, ময়মনসিংহ ❚ প্রশ্ন নং ৬

একটি সেকেন্ড দোলক ভূ-পৃষ্ঠে সঠিক সময় দেয়। দোলকটিকে একটি পাহাড়ের চূড়ায় নিলে এটি ঘণ্টায় 80টি পূর্ণ দোলন হারায়। $g = 9.8ms^{-2}$

ক. সরল দোলক কাকে বলে? ১

খ. সেকেন্ড দোলকের পর্যায়কাল পৃথিবীর পৃষ্ঠের সর্বত্র সমান নয় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সেকেন্ড দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করো। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ভারী আয়তনহীন বস্তুকণাকে ওজনহীন অনমনীয় সুতার সাহায্যে কোনো দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলিয়ে দিলে যদি এটি অল্পবিস্তারে (≤ 4°) মুক্তভাবে দুলতে থাকে তাহলে সুতাসহ বস্তুটিকে সরল দোলক বলে।

খ সেকেন্ড দোলকের পর্যায়কাল নির্ভর করে দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য (*l*) এবং স্থানীয় অভিকর্ষজ ত্বরণ (g) এর উপর। এর সময়কাল নির্ণয়ের সূত্র হলো—

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

পৃথিবীপৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ (g) একই নয়; মেরু অঞ্চলে g এর মান বেশি এবং বিষুবীয় অঞ্চলে কম। যেহেতু পর্যায়কাল (T), অভিকর্ষজ ত্বরণ (g) এর বর্গমূলের ব্যাস্তাণুপাতিক। তাই পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে সেকেন্ড দোলকের পর্যায়কাল ভিন্ন হয়।

গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.977×10^5 m

প্রশ্ন ▶ ৬৬ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ❚ প্রশ্ন নং ৭

পদার্থ বিজ্ঞান ল্যাবরেটরির ধাতব পেন্ডুলামযুক্ত একটি দেয়াল ঘড়ির পেন্ডুলামের দোলনকাল 2 sec। ঘড়িটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে ঘণ্টায় 30 sec সময় হারায়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R = 6400 km এবং ভূ-পৃষ্ঠে $g = 9.8\ ms^{-2}$।

ক. সরল ছন্দিত গতির সংজ্ঞা দাও। ১

খ. মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভর করে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে পাহাড়টির উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ঘড়িটিকে পাহাড়ের উচ্চতার সমান গভীরতার খনিতে নিয়ে গেলে দোলনকাল অপরিবর্তিত রাখতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোনো কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয় এবং যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয়, অর্থাৎ ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

খ যেকোনো গ্রহ বা উপগ্রহের জন্য মুক্তি বেগের রাশিমালা—

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

এখানে, G মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, M ও R যথাক্রমে উক্ত গ্রহ বা উপগ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধ।

দেখা যাচ্ছে, মুক্তিবেগের রাশিমালায় বস্তুর ভর, m অনুপস্থিত। সুতরাং বস্তু ছোট বা বড়, ভারী বা হালকা যাই হোক না কেন তার মুক্তিবেগের মান একই হবে। তাই মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভরশীল নয়।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া ▌ প্রশ্ন নং ৬

একটি সরল দোলকের ববকে সম্পূর্ণরূপে একটি তরলে নিমজ্জিত করা হলে দোলনকালের পরিবর্তন ঘটে। ববের উপাদানের ঘনত্ব তরলের ঘনত্বের 20 গুণ। সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য 1m।

◀ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. সরল ছন্দিত স্পন্দন কী? ১

খ. উলম্ব তলে কম্পিত কোনো স্প্রিং এর দোলনকাল পৃথিবী ও চাঁদের পৃষ্ঠে একই হবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের সরল দোলকটিকে 40° অক্ষাংশের কোনো বিন্দুতে নিয়ে যাওয়া হলে দিনে কত সেকেন্ড ধীরে বা দ্রুত চলবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের পর্যবেক্ষণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোনো কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয় এবং যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিই সরল ছন্দিত স্পন্দন।

খ উলম্ব তলে কম্পিত কোনো স্প্রিং এর দোলনকাল পৃথিবী ও চাঁদের পৃষ্ঠে ভিন্ন হয়।

স্প্রিং যদি আনুভূমিকভাবে স্থাপন করা হয়, তাহলে পৃথিবী ও চাঁদে দোলনকাল একই হবে। তবে স্প্রিং যদি উলম্বভাবে স্থাপন করা হয়, তাহলে মহাকর্ষ বল স্প্রিং এর প্রসারণ বা সংকোচনে ভূমিকা রাখে এবং তখন দোলনকাল নির্ভর করে স্থানীয় মহাকর্ষজ ত্বরণের ওপর। পৃথিবীতে $g = 9.81\ m/s^2$ এবং চাঁদে $g = 1.62\ m/s^2$ (পৃথিবীর তুলনায় প্রায় 1/6 অংশ)। দোলনকাল মহাকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। তাই, উলম্ব তলে কম্পিত কোনো স্প্রিং এর দোলনকাল পৃথিবীর তুলনায় চাঁদে বেশি হবে।

গ আমরা জানি, λ অক্ষাংশে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_2 = g_1 - \omega^2 R \cos^2 \lambda$$
$$= g_1 - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \cos^2 \lambda$$
$$= 9.8 - \left(\frac{2\pi}{86400}\right)^2 \times 6400 \times 10^3 \times (\cos (40°))^2$$
$$= 9.78\ ms^{-2}$$

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_1 = 9.8\ ms^{-2}$
পৃথিবীর আহ্নিক গতির পর্যায়কাল, $T = 86400\ sec$
অক্ষাংশ, $\lambda = 40°$
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6400 \times 10^3\ m$

আবার, $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{g_2}{g_1}} = \frac{86400 - n}{86400}\ [\because g_2 < g_1]$

বা, $\sqrt{\frac{9.78}{9.8}} = \frac{86400 - n}{86400}$

$\therefore n \approx 88\ sec$

অর্থাৎ, সরল দোলকটি দিনে 88 sec ধীরে চলবে। **(Ans.)**

ঘ মনে করি, তরলের ঘনত্ব = ρ

∴ সরল দোলকের ববের ঘনত্ব = 20ρ

ববের আয়তন = V

∴ ববের প্রকৃত ওজন, $W_1 = 20\rho . V. g$

তরলে নিমজ্জিত অবস্থায় ববের আপাত ওজন, $W_2 = (20\rho - \rho) .V.g = 19\ \rho Vg$

$\therefore \frac{W_1}{W_2} = \frac{20\rho Vg}{19\rho Vg} = \frac{20}{19}$

আবার, $W_1 = mg_1$ এবং $W_2 = mg_2$

$\frac{W_1}{W_2} = \frac{mg_1}{mg_2}$

$\therefore \frac{g_1}{g_2} = \frac{20}{19}$

আমরা জানি,

$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}}$

$\therefore T_2 = \sqrt{\frac{20}{19}} T_1$

অর্থাৎ, দোলনকালের পরিবর্তন হয়, তাই উদ্দীপকের পর্যবেক্ষণ সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া ▌ প্রশ্ন

পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে একটি সরল দোলকের সরল ছন্দিত গতির সমীকরণ $x = 8 \cos (6\pi t + \frac{\pi}{3})$ মিটার। বস্তু কণার সময়ের সাথে ত্বরণ আছে

ক. সরল ছন্দিত গতি কী?

খ. সেকেন্ড দোলক মানেই সরল দোলক কিন্তু সরল দোলক মাত্রই সেকেন্ড দোলক নয়— ব্যাখ্যা করো।

গ. বস্তু কণাটির 3 sec পর ত্বরণের মান নির্ণয় করো।

ঘ. দেখাও যে, সমীকরণটি সরল ছন্দিত স্পন্দনের ব্যবকলনীয় সমীকরণের একটি সমাধান।

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোনো কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয় এবং যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ, ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিই সরল ছন্দিত গতি।

খ একটি ক্ষুদ্র ভারী বস্তুকে ওজনহীন পাকহীন অপ্রসারণশীল নমনীয় সুতার সাহায্যে কোনো দৃঢ় অবলম্বন হতে ঝুলিয়ে দিলে যদি তা বিনা বাধায় অল্প বিস্তারে এদিক ওদিক দুলতে পারে তবে তাকে সরল দোলক বলে। সরল দোলকের দোলনকাল নির্দিষ্ট নয়।

কিন্তু যে দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দোলক বলে। সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল নির্দিষ্ট এবং তা দুই সেকেন্ড। সুতরাং, বলা যায় সকল সেকেন্ড দোলক সরল দোলক কিন্তু সকল সরল দোলক সেকেন্ড দোলক নয়।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $-1421.22\ ms^{-2}$

ঘ উদ্দীপকে প্রদত্ত গতির সমীকরণ, $x = 8\cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ ...... (i)

সমীকরণ থেকে পাই, কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = 6\pi$

একে t এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে পাই,

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}\left\{8 \cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)\right\} = -8 \times 6\pi \sin\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$$

$\frac{dx}{dt}$ কে পুনরায় t এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে,

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left\{-8 \times 6\pi \sin\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)\right\}$$

বা, $\frac{d^2x}{dt^2} = -8 \times (6\pi)^2 \cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$

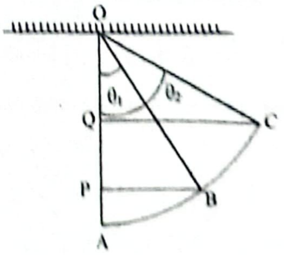
বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + (6\pi)^2 \cdot 8 \cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right) = 0$

বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + (6\pi)^2 x = 0$ [(i) নং হতে]

$\therefore \frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$

সুতরাং, এটি একটি সরল ছন্দিত স্পন্দনযুক্ত কণার গতির ব্যবকলনীয় সমীকরণের একটি সমাধান।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ শেরউড ইন্টারন্যাশনাল (প্রাঃ) স্কুল এ্যান্ড কলেজ, বগুড়া ▌ প্রশ্ন



চিত্রে একটি সরল দোলক যার সুতার দৈর্ঘ্য 1.1 m এবং ববের ব্যাসার্ধ cm, ভর 60 gm এবং OA সাম্যাবস্থান। চিত্রে QC = 3 cm এবং 2cm।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কী? ১

খ. সরল ছন্দিত স্পন্দনের ক্ষেত্রে কৌণিক বিস্তার গুরুত্বপূর্ণ কি-না ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সরল দোলকটির দোলনকাল হিসাব করো। ৩

ঘ. সরল দোলকটির A, B ও C বিন্দুতে কার্যকর বলের মানের তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থান হতে 1 m প্রসারিত বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাই স্প্রিং ধ্রুবক।

খ সরল ছন্দিত স্পন্দনের ক্ষেত্রে কৌণিক বিস্তার একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। কৌণিক বিস্তার হলো সরল ছন্দিত স্পন্দনের সময় বস্তুটি তার সাম্যাবস্থা থেকে সর্বোচ্চ যে কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে তার মান। কৌণিক বিস্তার বেশি হলে স্পন্দনের পরিসরও বেশি হয় এবং স্পন্দনের শক্তি বৃদ্ধি পায়। পর্যায়কালের উপরও কৌণিক বিস্তার প্রভাব ফেলে। সরলদোলন গতিতে কৌণিক বিস্তার 4° মধ্যে রাখা হয়; কারণ এতে পর্যায়কালের তেমন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু কৌণিক বিস্তার অধিক হলে সৃষ্ট পর্যায়কালও বেড়ে যাবে। তাই বলা যায়, সরল ছন্দিত স্পন্দনের ক্ষেত্রে কৌণিক বিস্তার স্পন্দনের সীমা, শক্তি এবং পর্যায়কাল নির্ধারণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

গ ৩২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৭০ সরকারি এডওয়ার্ড কলেজ, পাবনা । প্রশ্ন নং ৬

একটি দোলক পাহাড়ের পাদদেশে 3s এ একটি পূর্ণ দোলন সম্পন্ন করে। উক্ত দোলকটি পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে দিনে 55s সময় হারায়। দোলকটির বিস্তার 20cm। [পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R = 6400km]

ক. উপাংশ ভেক্টর কী? ১

খ. বৃষ্টির ফোঁটা সমবেগে পতিত হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে পাহাড়ের উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পাহাড়ের পাদদেশে এবং পাহাড়ের চূড়ায় দোলকটির 12cm সরণে বিভব শক্তির তুলনা কর, গাণিতিকভাবে। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিভাজিত ভেক্টর রাশিগুলোর প্রত্যেকটি মূল ভেক্টর রাশির এক একটি অংশ বা উপাংশ ভেক্টর।

খ বৃষ্টির ফোঁটা সমবেগে পতিত হয়। অবাধে পতনশীল বৃষ্টির ফোঁটা পতনের সময় এর বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে অভিকর্ষ বলের কারণে। কিন্তু একই সময় বাতাসের বাধাদানকারী বল বা সান্দ্র বল বৃষ্টির ফোঁটার গতির বিপরীতে কাজ করে। বৃষ্টির ফোঁটাটি যখন যথেষ্ট গতি লাভ করে তখন অভিকর্ষ বল সান্দ্র বল পরস্পর সমান হয় এবং ফোঁটাটির নিট ত্বরণ তখন শূন্য হয়। এরপর বৃষ্টির বেগ আর বৃদ্ধি পায় না, সমবেগেই নিচে পড়তে থাকে যা প্রান্তিক বেগ নামে পরিচিত। সুতরাং প্রান্তিক বেগ সৃষ্টির কারণেই বৃষ্টির ফোঁটা সমবেগে তথা প্রান্তিক বেগে পতিত হয়।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** পাহাড়ের উচ্চতা 4076.67 m

ঘ

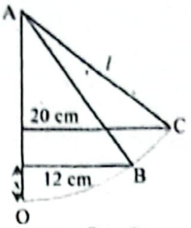
পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, g' হলে,

$$g' = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \times g$$

$$= \left(\frac{6.4 \times 10^6}{6.4 \times 10^6 + 4076.67}\right)^2 \times 9.8$$

$$= 9.788\ ms^{-2}$$

এখানে,
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6400$ km
$= 6.4 \times 10^6$ m
'গ' হতে পাই,
পাহাড়ের উচ্চতা,
$h = 4076.67$ m
পাহাড়ের পাদদেশে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8\ ms^{-2}$
দোলকটির সরণ,
12 cm = 0.12 m
পাহাড়ের চূড়ায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, g'



একটি নির্দিষ্ট সরণের জন্য দোলকটির বিভবশক্তি এর অবস্থানের ওপর বা অভিকর্ষজ ত্বরণের উপর নির্ভরশীল।

সুতরাং, পাহাড়ের পাদদেশে এবং চূড়ায় দোলকটির 12 cm সরণে বিভব শক্তির অনুপাত হলো

$$\frac{E}{E'} = \frac{mgx}{mg'x} = \frac{g}{g'} = \frac{9.8}{9.788} = 1.00123$$

অর্থাৎ, E > E'; তাই পাহাড়ের পাদদেশে 12 cm সরণের জন্য দোলকটির বিভবশক্তি, পাহাড়ের চূড়ায় দোলকটির 12 cm সরণে বিভবশক্তির থেকে বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭১ দিনাজপুর সরকারি কলেজ । প্রশ্ন নং ৫

মনে কর রিশাদ পৃথিবীর এক প্রান্ত থেকে কেন্দ্র দিয়ে অন্য প্রান্তে যাওয়ার জন্য সুড়ঙ্গা তৈরি করল। সুড়ঙ্গাটি ঘর্ষণবিহীন। সে প্রথমে 5kg ভরের একটি বস্তুকে ছেড়ে দিল। কিছু সময় পর একটি কেন্দ্র থেকে r গভীরতায় পৌছায়। [পৃথিবীর গড় ঘনত্ব = $5.5 \times 10^3\ kgm^{-3}$]

◀ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়

ক. মহাকর্ষ প্রাবল্য কী? ১

খ. কক্ষ তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থের অণুগুলোর গতিশক্তির মান আন্তঃআণবিক শক্তির চেয়ে বেশি না কম– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সুড়ঙ্গা দিয়ে একপ্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে যেতে বস্তুটির কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. বস্তুর গতি সরল ছন্দিত গতি হবে কী না– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ভরের একটি বস্তু স্থাপন করলে তার ওপর যে মহাকর্ষীয় বল ক্রিয়া করে তাই ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য।

খ কক্ষ তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থের অণুগুলোর গতিশক্তির মান আন্তঃআণবিক শক্তির চেয়ে কম হয়। কারণ কঠিন অবস্থায় অণুগুলো খুব কাছাকাছি অবস্থান করে; যার ফলে কণাগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ শক্তি বেশি থাকে। অর্থাৎ, আন্তঃআণবিক শক্তি বেশি থাকে। এ অবস্থায় কণাগুলো যেহেতু স্থিতিশীল তাই এর গতিশক্তি নাই বললেই চলে।

গ উপরোক্ত বস্তুটি পৃথিবীর কেন্দ্রকে কেন্দ্র করে সরল দোলন গতিতে দুলতে থাকবে।

অতএব, পর্যায়কাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$$\text{বা, } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\frac{4}{3}G\pi m\rho}} = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 3.14}{6.673 \times 10^{-11} \times 5.5 \times 10^3}}$$

$$= 5067\ sec = 84.46\ min$$

এখানে,
বস্তুর ভর, m = 5 kg
পৃথিবীর গড় ঘনত্ব,
$\rho = 5.5 \times 10^3\ kgm^{-3}$
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.673 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$
পর্যায়কাল, T = ?

অর্থাৎ, বস্তুটির সুড়ঙ্গা দিয়ে একপ্রান্ত হতে অন্যপ্রান্তে যেতে $\frac{84.46}{2}$ বা, 42.2 min সময় লাগবে। **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

মহাকর্ষীয় বল, $F = -\frac{GMm}{d^2}$

$$\text{বা, } F = -\frac{G.\frac{4}{3}\pi R^3 \times \rho \times m}{R^2}$$

এখানে,
পৃথিবীর ভর, M
বস্তুর ভর, m
দূরত্ব, d
পৃথিবীর ঘনত্ব, ρ
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, R

বা, $F = -\frac{4}{3}G\pi R\rho m$

বা, $F = -kR$

[$\frac{4}{3}G\pi\rho m = k$, ধ্রুবক এবং ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা বিপরীত দিক বুঝানো হয়েছে]

বা, $F \propto -R$

অতএব, দেখা যায় যে, বল, সরণের সমানুপাতিক কিন্তু বিপরীতমুখী।

অর্থাৎ, বস্তুর গতি সরল ছন্দিত গতি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭২ দিনাজপুর সরকারি কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

একটি সরল দোলকের সুতার দৈর্ঘ্য 1.1 m এবং এর ফাঁপা গোলকের ববের ব্যাসার্ধ 0.25 m। একজন নভোচারী রকেটের মধ্যে সরল দোলকটিকে নিয়ে 3.2 ms^{-2} ত্বরণে মহাশূন্যে যাত্রা করলো। ভূ-পৃষ্ঠ হতে রকেটটির বিবেচ্য সর্বোচ্চ উচ্চতা 40 km। [পৃথিবীর ভর 6×10^{24}kg, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6.4×10^3km]

◂ অধ্যায় ৬ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. সরল ছন্দিত দোলন কী? ১

খ. সরল দোলকের সাম্যাবস্থানে বেগ এবং ত্বরণ কিরূপ হবে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. যাত্রা শুরুর মুহূর্তে ঐ স্থানে দোলকটির দোলনকাল কত? ৩

ঘ. বিবেচ্য উচ্চতায় রকেটের মধ্যে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয়ের জন্য সরল দোলকটির প্রয়োজন হবে কী না– গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোন কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয় এবং যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ, ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিই সরল ছন্দিত দোলন।

খ সরল দোলকের সাম্যাবস্থানে বেগ ও ত্বরণ যেরূপ হবে—

i. **বেগ:** সাম্যাবস্থানে বেগ সর্বোচ্চ থাকে। তাই, এ অবস্থানে গতিশক্তি সর্বোচ্চ হয় এবং বিভবশক্তি শূন্য হয়। সাম্যাবস্থায় বেগ, $V_{max} = \omega A$।

ii. **ত্বরণ:** সরল ছন্দিত স্পন্দনের ত্বরণ, $a = -\omega^2 x$। সাম্যাবস্থানে, $x = 0$ হওয়ায় ত্বরণ শূন্য হয়।

অর্থাৎ, সরল দোলকের সাম্যাবস্থানে বেগ সর্বোচ্চ এবং ত্বরণ শূন্য থাকে।

গ আমরা জানি,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\text{বা, } T = 2\pi\sqrt{\frac{l+r}{\frac{GM}{R^2}}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{1.1+0.25}{\frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{(6.4\times10^6)^2}}}$$

$\therefore T = 2.3355$ sec

এখানে,
দোলকের সুতার দৈর্ঘ্য, $l = 1.1$ m
ববের ব্যাসার্ধ, $r = 0.25$ m
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G = 6.67\times10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$
পৃথিবীর ভর, $M = 6\times10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4\times10^6$ m
দোলনকাল, $T = ?$

অর্থাৎ, যাত্রা শুরুর মুহূর্তে ঐ স্থানে দোলকটির দোলনকাল 2.3355 sec **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, ভূপৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

$$= \frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{\{(6.4+0.04)\times10^6\}^2}$$

$\therefore g_h = 9.6554\ ms^{-2}$

এখানে,
মহাকর্ষীয় ধ্রুবক,
$G = 6.67\times10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$
পৃথিবীর ভর, $M = 6\times10^{24}$ kg
পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,
$R = 6.4\times10^6$ m
বিবেচ্য উচ্চতা = 40 km
$= 0.04\times10^6$ m

আবার, যেহেতু রকেটটি 3.2 ms^{-2} ত্বরণে গতিশীল তাই রকেটের মধ্যে ত্বরণ, $g_H = (g_h + 3.2)\ ms^{-2}$
$= (9.6554 + 3.2)\ ms^{-2}$
$= 12.8554\ ms^{-2}$

অতএব, সরল দোলকের প্রয়োজন ছাড়াই বিবেচ্য উচ্চতায় রকে মধ্যে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্ন ▶ ৭৩ কুড়িগ্রাম সরকারি কলেজ ▌প্রশ্ন ন

রাতুল একটি বস্তুকে সরল ছন্দিত গতিতে দোলাচ্ছে। সরল ছন্দিত স্পন্দনশীল 0.5 kg ভরের কণাটি সাম্যাবস্থান হতে 0.15 m টেনে দিলে এটি 0.02 m বিস্তারে দুলে। এটির ব্যবকলনীয় সমীকরণ $d^2x/dt^2 + 5\pi^2x = 0$

ক. দশা কাকে বলে?

খ. স্পন্দনশীল কণার ত্বরণ বনাম সরণ লেখচিত্র ব্যাখ্যা করো

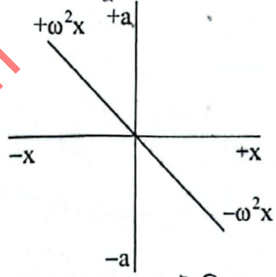
গ. কণার দশা ধ্রুবক বের করো।

ঘ. $t = 1.25$ সেকেন্ডে ও $t = 1.625$ সেকেন্ডে যান্ত্রিক শক্তির যাচাই করো।

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির অবস্থা (সরণ, বেগ, ত্বরণ) প্রকাশকারী রাশিকে দশা বলে।

খ স্পন্দনশীল কণার ক্ষেত্রে, ত্বরণও সরণের মধ্যে সম্পর্ক হলো: $a = -\omega^2x$। এটি নির্দেশ করে যে, ত্বরণ সর্বদা সরণের বিপরীত এবং সরণের মানের সাথে সমানুপাতিক।



অর্থাৎ, ত্বরণ ও সরণের মাঝে ঋণাত্মক রৈখিক সম্পর্ক বিদ্যমান। বনাম সরণ লেখচিত্রে ঋণাত্মক ঢালযুক্ত সরলরেখা পাওয়া যায়। হলে ত্বরণও শূন্য হয়। সরণ সর্বাধিক হলে ত্বরণও সর্বাধিক হয় বিপরীতমুখী।

গ

$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0$ এর সাথে ব্যবকলনীয় সমীকরণটিকে তুলনা করলে পাই, $\omega^2 = 5\pi^2$

বা, $\omega = \sqrt{5}\pi\ rads^{-1}$

এখন, সরণের সমীকরণ,

$x = A\sin(\omega t + \delta)$

যখন, $t = 0$ তখন, $x = 0.02$

$\therefore 0.02 = 0.15\sin(\sqrt{5}\pi\times0+\delta)$

বা, $\delta = \sin^{-1}\frac{0.02}{0.15} = 7.66°$ **(Ans.)**

এখানে,
ব্যবকলনীয় সমীকরণ
$\frac{d^2x}{dt^2} + 5\pi^2x = 0$
বিস্তার, $A = 0.15$
সরণ, $x = 0.02$
ধরি, দশা ধ্রুবক

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $t = 1.25$ 1.625 sec এ মোট যান্ত্রিক শক্তি 0.277 J। সুতরাং, যান্ত্রিক মেনে চলে।

প্রশ্ন ▶ ৭৪ সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা ▌প্রশ্ন

সরল ছন্দিত স্পন্দন সম্পন্ন একটি বস্তুর বেগ $6ms^{-1}$ যখন এবং বেগ $5ms^{-1}$ তখন সরণ 6m।

ক. সরণ ভেক্টর কাকে বলে?

খ. কোন যন্ত্রের ক্ষমতা 50MW বলতে কী বুঝ?

গ. উদ্দীপকের দোলকের কম্পাংক নির্ণয় করো।

ঘ. বস্তুটির ভর 50kg হলে দোলকের মোট শক্তি নির্ণয় করো।

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো বস্তু এক অবস্থান থেকে অন্য কোনো অবস্থানে তখন আদি অবস্থানকে পাদবিন্দু এবং শেষ অবস্থানকে বিবেচনা করে প্রাপ্ত যে ভেক্টর দ্বারা বস্তুর সরণের মান ও দিক হয়, তাকেই সরণ ভেক্টর বলে।

খ কোন একটি যন্ত্রের ক্ষমতা 50 MW বলতে বোঝায় যে, বস্তুটি প্রতি সেকেন্ডে 50 MJ বা 50×10^6 J পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে অথবা সেকেন্ডে 50 MJ শক্তিকে অন্য ব্যবহারযোগ্য শক্তিতে রূপান্তরিত করে।

গ আমরা জানি, দোলকের কৌণিক কম্পাঙ্ক ω, বিস্তার A হলে,

বেগ, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

∴ ১ম ক্ষেত্রে,

$v_1 = \omega\sqrt{A^2 - {x_1}^2}$

বা, $6 = \omega\sqrt{A^2 - 5^2}$ ....(1)

২য় ক্ষেত্রে, $v_2 = \omega\sqrt{A^2 - {x_2}^2}$

বা, $5 = \omega\sqrt{A^2 - 6^2}$.........(2)

এখানে,
১ম ক্ষেত্রে, সরণ, $x_1 = 5m$
বেগ, $v_1 = 6\ ms^{-1}$
২য় ক্ষেত্রে, সরণ $x_2 = 6$ m
বেগ, $v_2 = 5\ ms^{-1}$

(1) ÷ (2) করে পাই, $\frac{6}{5} = \frac{\sqrt{A^2 - 5^2}}{\sqrt{A^2 - 6^2}}$

বা, $\frac{36}{25} = \frac{A^2 - 25}{A^2 - 36}$

বা, $36A^2 - 1296 = 25A^2 - 625$

বা, $11A^2 = 671$

বা, $A^2 = 61$

∴ $A = \sqrt{61}$ m (ধনাত্মক মান নিয়ে)

(1) থেকে, $6 = \omega\sqrt{A^2 - 5^2}$

বা, $36 = \omega^2 (61 - 25)$

বা, $\omega^2 = \frac{36}{36} = 1\ rads^{-1}$

∴ $\omega = 1\ rads^{-1}$

দোলকের কম্পাঙ্ক, $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} = 0.159$ Hz **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, দোলকের বিস্তার, $A = \sqrt{61}$ m, কৌণিক কম্পাঙ্ক $\omega = 1\ rads^{-1}$

আমরা জানি, $\omega^2 = \frac{k}{m}$

বা, $k = m\omega^2$

এখানে,
ভর, m = 50 kg
বল ধ্রুবক, k

∴ দোলকের মোট শক্তি,

$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 1^2 \times (\sqrt{61})^2 = 1525$ J

সুতরাং, বস্তুটির ভর 50 kg হলে দোলকের মোট শক্তি 1525 J।

প্রশ্ন ▶ ৭৫ ব্রাহ্মণবাড়িয়া সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ১

একটি পেন্ডুলাম ঘড়ি 1s সময়ে বাম দিক হতে ডান দিকে যায়। ঘড়িটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে গেলে একদিনে 120s সময় হারাল। [পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, R = 6450 km, g = 9.8 m/s²]

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের আলোকে পাহাড়ের উচ্চতা কত? ৩
ঘ. ঘড়িটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে যাওয়ার পরও দোলনকাল অপরিবর্তিত রাখতে কী ব্যবস্থা নিতে হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ আমরা জানি, ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিপরীতে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণচক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক। ফলে একটি পূর্ণচক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনও শূন্য হতে পারে না। এজন্য ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8901.25 m

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ঘড়িটিকে পাহাড়ের চূড়ায় নিয়ে যাওয়ার পরও দোলনকাল অপরিবর্তিত রাখতে হলে পেন্ডুলামের কার্যকর দৈর্ঘ্য 0.277% হ্রাস করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৬ ড্যাফোডিল ইন্টারন্যাশনাল কলেজ, চাঁদপুর । প্রশ্ন নং ৭

2 kg ভরের একটি বস্তু 20 cm বিস্তার নিয়ে $5\frac{d^2x}{dt^2} + 625\,x = 0$ সমীকরণ অনুসারে কম্পিত হচ্ছে। কম্পন শুরুর 2 sec পরে গতিশক্তি K_1 এবং 2.5 sec পর গতিশক্তি K_2 হয়।

ক. সেকেন্ড দোলক কাকে বলে? ১
খ. দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিলে দোলন কালের কী পরিবর্তন হবে? ২
গ. বস্তুটির কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের K_1 ও K_2 এর মান একই হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ আমরা জানি,

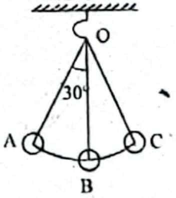
দোলন কাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

এখানে, দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরনের বর্গমূলের ব্যাস্তানুপাতিক।
সুতরাং, g এর মান কমলে T বাড়বে এবং g বাড়লে T কমবে। পৃথিবীর কেন্দ্রে g = 0।
যদি g = 0 হয়, তাহলে T = ∞ হবে।
অতএব, পৃথিবীর কেন্দ্রে দোলনকাল অসীম হবে।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৭৭ চট্টগ্রাম কলেজ । প্রশ্ন নং ৩



P ও Q দুটি তারের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 5m ও 6m এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল যথাক্রমে $1.5\ mm^2$ ও $1.1\ mm^2$ এদের ইয়ং এর গুণাঙ্ক যথাক্রমে $2.1 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$ এবং $1.3 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$। তার দু'টির মুক্তপ্রান্তে 10cm ব্যাসার্ধের এবং 5 kg ভরের গোলক যুক্ত করে চিত্রানুযায়ী আলাদাভাবে A অবস্থান দুলতে দেওয়া হয়। তার দুটির অসহপীড়ন 56468 kPa.

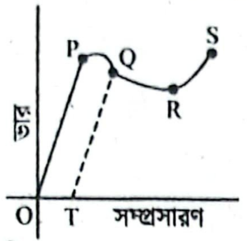
◀ অধ্যায় ৭ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. সংনম্যতা কী? ১
খ. ভার-সম্প্রসারণ লেখচিত্রের প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর। ২
গ. তারদ্বয়ের বিকৃতির তুলনা কর। ৩
ঘ. দুইটি তারই C অবস্থানে পৌঁছাতে পারবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর আয়তন বিকৃতি ও আয়তন পীড়নের অনুপাতই সংনম্যতা।

খ একটি তারের একপ্রান্ত একটি দৃঢ় অবলম্বনে আটকে অপর প্রান্তে কিছু ওজন ঝুলিয়ে পরীক্ষা করলে দেখা যাবে যে, ওজনের পরিমাণ বাড়ালে তারের দৈর্ঘ্যও বেড়ে যায়। এখন ওজন ও দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির লেখচিত্র অঙ্কন করলে চিত্রের মত একটি রেখা পাওয়া যাবে। লেখচিত্রটি O থেকে P বিন্দু পর্যন্ত একটি সরলরেখা, অর্থাৎ P বিন্দু পর্যন্ত তারের সম্প্রসারণ ভারের সমানুপাতিক এবং ঐ বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে যে কোন অবস্থান থেকে ভার সরিয়ে নিলে বস্তুটি তার আগের অবস্থায় ফিরে আসবে। সুতরাং ঐ বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক রূপে আচরণ করে এবং P বিন্দু বস্তুর স্থিতিস্থাপক সীমা নির্দেশ করে।



স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম করে ভার চাপালে দেখা যাবে লেখ নিচের দিকে বাঁক নিচ্ছে। এই সময়ে যে কোন মুহূর্তে (চিত্রে Q বিন্দু) ভার অপসারণ করে নিলেও তারটি আর আগের অবস্থায় ফিরে আসে না। তখন ভার-সম্প্রসারণ চিত্রে QT হয়। অর্থাৎ তারে একটি স্থায়ী বিকৃতি OT থেকে যায়। ভার আরো বৃদ্ধি করলে ভার-সম্প্রসারণ লেখ অনিয়মিতভাবে ওঠা-নামা করে এবং তারের কোনো কোনো জায়গা সরু হয়ে পরে। R পর্যন্ত এরকম চলে। R বিন্দুকে নতি বিন্দু বলে। এরপর ভার আরো বাড়ালে তারের বিভিন্ন জায়গা আরো সরু হতে থাকে এবং কোনো এক জায়গা থেকে তার ছিঁড়ে যায় (চিত্রে S বিন্দু)। S বিন্দুকে সহন সীমা বলে।

গ

আমরা জানি,

ইয়ং এর গুণাংক,

$$Y = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$$

$$\text{বা, বিকৃতি} = \frac{\text{পীড়ন}}{Y} = \frac{mg}{AY}$$

সুতরাং,

P তারের ক্ষেত্রে,

$$(\text{বিকৃতি})_P = \frac{mg}{A_P Y_P}$$
$$= \frac{5 \times 9.8}{1.5 \times 10^{-6} \times 2.1 \times 10^{11}}$$
$$= 1.555 \times 10^{-4}$$

এখানে,

P তারের দৈর্ঘ্য, $L_P = 5m$

Q তারের দৈর্ঘ্য, $L_Q = 6m$

P তারের ইয়ং গুণাংক,

$Y_P = 2.1 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$

Q তারের ইয়ং গুণাংক,

$Y_Q = 1.3 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$

P তারের ক্ষেত্রফল,

$A_P = 1.5\ mm^2 = 1.5 \times 10^{-6}\ m^2$

Q তারের ক্ষেত্রফল,

$A_Q = 1.1\ mm^2 = 1.1 \times 10^{-6}\ m^2$

ভর, $m = 5\ kg$

ধরি, P ও Q তারের বিকৃতি যথাক্রমে, l_P ও l_Q

Q তারের ক্ষেত্রে,

$$(\text{বিকৃতি})_Q = \frac{mg}{A_Q Y_Q} = \frac{5 \times 9.8}{1.1 \times 10^{-6} \times 1.3 \times 10^{11}}$$
$$= 3.427 \times 10^{-4}$$

$$\therefore \frac{(\text{বিকৃতি})_P}{(\text{বিকৃতি})_Q} = \frac{1.555 \times 10^{-4}}{3.427 \times 10^{-4}} = 0.45 \text{ বা,}$$

$$(\text{বিকৃতি})_P = 0.45\ (\text{বিকৃতি})_Q$$

P তারের বিকৃতি Q তারের বিকৃতির 0.45 গুণ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

P তারের বিকৃতি $= 1.555 \times 10^{-4}$

Q তারের বিকৃতি $= 3.427 \times 10^{-4}$

P তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ,

$$l'_P = L_0 \times (\text{বিকৃতি})_P$$
$$= 5 \times 1.555 \times 10^{-4}$$
$$= 7.775 \times 10^{-4}\ m$$

Q তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ,

$$l'_Q = L'_0 \times (\text{বিকৃতি})_Q$$
$$= 6 \times 3.427 \times 10^{-4}$$
$$= 20.56 \times 10^{-4}\ m$$

এখানে,

P তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L_0 = 5\ m$

Q তারের আদি দৈর্ঘ্য, $L'_1 = 6\ m$

P তারের ক্ষেত্রফল,

$A_P = 1.5 \times 10^{-6}\ m^2$

Q তারের ক্ষেত্রফল,

$A_Q = 1.1 \times 10^{-6}\ m^2$

ভর, $m = 5\ kg$

গোলকের ব্যাসার্ধ, $r = 10\ cm$
$= 0.1\ m$

কোণ, $\theta = 30°$

অসহ পীড়ন, $\sigma = 56468\ kPa$

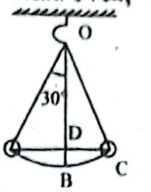
P তারের কার্যকর দৈর্ঘ্য,

$$L_P = L_0 + l'_P + \frac{r}{2} = 5 + 7.775 \times 10^{-4} + \frac{0.1}{2} = 5.051\ m$$

Q তারের কার্যকর দৈর্ঘ্য,

$$L_Q = L'_1 + l'_Q + \frac{r}{2} = 6 + 20.56 \times 10^{-4} + \frac{0.1}{2} = 6.052\ m$$

P তারের ক্ষেত্রে,



$$OD = OA\cos 30° = 5.051 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 4.374\ m$$

উচ্চতা, $BD = h = OB - OD = 5.051 - 4.374$
$= 0.677\ m$

A বিন্দুতে বেগ, $u = 0$ তাই, B বিন্দুতে বেগ,

$$v_B^2 = 2gh = 2 \times 9.8 \times 0.677$$

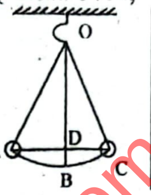
সুতাটি B বিন্দুতে সর্বোচ্চ টান অনুভব করবে।

$$T_P = mg + \frac{mv_B^2}{L_P} = 5 \times 9.8 + \frac{5 \times 2 \times 9.8 \times 0.677}{5.051} = 62.14\ N$$

সুতরাং B বিন্দুতে তারের উপর প্রযুক্ত পীড়ন,

$$\sigma_P = \frac{T_P}{A_P} = \frac{62.14}{1.5 \times 10^{-6}} = 41426666.67\ Nm^{-2} = 41426.6\ kPa$$

Q তারের ক্ষেত্রে,



$$OD = OA\cos 30° = 6.052 \times \cos 30° = 5.24\ m$$

উচ্চতা, $BD = h = 6.052 - 5.24 = 0.811m$

A বিন্দুতে বেগ, $u = 0\ ms^{-1}$ তাই

B বিন্দুতে বেগ v_B হলে,

$$v_B^2 = 2gh = 2 \times 9.8 \times 0.811$$

B বিন্দুতে টান, $T_Q = mg + \frac{mv_B^2}{L_Q} = 5 \times 9.8 + \frac{5 \times 2 \times 9.8 \times 0.811}{6.052}$
$= 62.1325\ N$

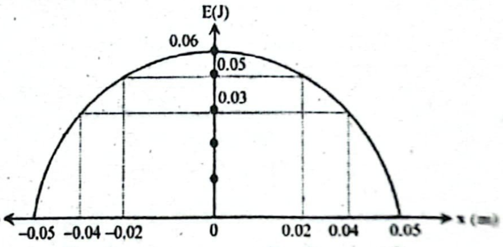
তারের উপর প্রযুক্ত পীড়ন, $\sigma_Q = \frac{T_Q}{A_Q} = \frac{62.1325}{1.1 \times 10^{-6}} = 56.484 \times 10^6\ Pa = 56484\ kPa$

এখানে, $\sigma_Q > \sigma$ এবং $\sigma_P < \sigma$

সুতরাং, Q তার B বিন্দুতে আসলে ছিঁড়ে যাবে এবং P তার শক্তি সংরক্ষণশীলতা নীতির উপর ভিত্তি করে A হতে B তে এরূপ অবস্থানে পৌঁছাতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৮ **চট্টগ্রাম কলেজ ‖ প্রশ্ন নং**

0.30kg ভরের বস্তুকে একটি স্প্রিং এর সাথে যুক্ত করা হয়। এবং স্প্রিংটিকে ঘর্ষণবিহীনভাবে ভূমির সমান্তরালে সরলছন্দিত স্পন্দনে দুলতে দেওয়া হলো।



স্প্রিংটির সরণ বনাম গতিশক্তির লেখচিত্র

ক. বিস্তার কাকে বলে?

খ. একটি সেকেন্ড দোলক দ্বারা উৎপন্ন শব্দ আমরা শুনতে পাই না কেন?

গ. স্প্রিংটির সর্বোচ্চ বেগ কত?

ঘ. লেখচিত্রের ডাটা ব্যবহার করে স্প্রিং এর বিভবশক্তি বনাম সরণ লেখচিত্র কেমন হবে চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গাস্থিত কোনো কণা তার স্পন্দনকালে সাম্যাবস্থা থেকে সর্বোচ্চ যতটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে বিস্তার বলে।

খ সরল দোলকের কম্পাংকের রাশিমালা হলো : $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$ শব্দ শোনার জন্য এই কম্পাংক কমপক্ষে 20 Hz হতে হবে। অর্থাৎ

$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}} > 20$ Hz হতে হবে।

$\frac{g}{L} \geq (20 \times 2\pi)^2$

বা, $L \leq \frac{9.8}{(40\pi)^2}$ বা $L \leq 0.62$ mm

অত্যন্ত ক্ষুদ্র। বাস্তবে এত ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের দোলক ব্যবহৃত হয় না বিধায় এরূপ দোলকের দোলনে কোন শব্দ শোনা যায় না। সেকেন্ড দোলকের কম্পাঙ্ক $f = \frac{1}{2}$ Hz = 0.5 Hz; যা 20 Hz এর তুলনায় অনেক ছোট হওয়ায় সেকেন্ড দোলকের কম্পনে কোন শব্দ শোনা যায় না।

গ আমরা জানি,

$K_{max} = \frac{1}{2}mv^2_{max}$

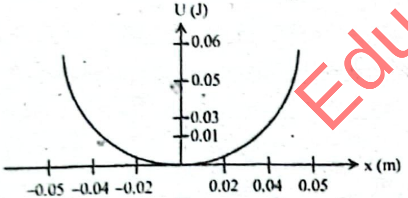
বা, $v_{max} = \sqrt{\frac{2K_{max}}{m}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 0.06}{0.3}}$

$= 0.63$ ms^{-1} **(Ans.)**

এখানে,
সর্বোচ্চ গতিশক্তি,
$K_{max} = 0.06$ J
বস্তুর ভর, m = 0.30 kg
ধরি,
সর্বোচ্চ বেগ, v_{max}

ঘ শক্তির নিত্যতা সূত্রানুযায়ী
মোট শক্তি = গতিশক্তি + বিভবশক্তি
বা, $E = K + U$
সাম্যাবস্থায় বিভবশক্তি 0। তাই মোট শক্তি U = K = 0.06 J [লেখচিত্র হতে]
বিভবশক্তি, $U = E - K$
যখন, $x = \pm 0.02$ তখন, $K = 0.05$
সুতরাং, $U = E - K = 0.06 - 0.05 = 0.01$ J
যখন, $x = \pm 0.04$ তখন, $K = 0.03$
সুতরাং, $U = E - K = 0.06 - 0.03 = 0.03$ J
যখন, $x = \pm 0.05 = \pm A$ (বিস্তার) তখন, $K = 0$
$\therefore U = E - K = 0.06 - 0 = 0.06$ J
সুতরাং বিভবশক্তি বনাম সরণ গ্রাফ হবে নিম্নরূপ:



লেখচিত্রটি হতে দেখা যায় যে, স্প্রিং এর বিভবশক্তি বনাম সরণ গ্রাফ একটি পরাবৃত্ত হয়।

প্রশ্ন ▶ ৭৯ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৬

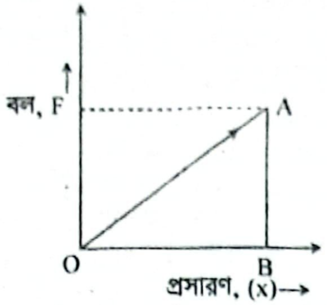
সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল একটি কণার ভর 100 gm। কণাটির সর্বাধিক বিস্তার 10 cm. সাম্যাবস্থান থেকে সর্বাধিক বিস্তারের অবস্থানে পৌছাতে সময় লাগে 0.5 sec

ক. কৌণিক কম্পাঙ্ক কাকে বলে? ১
খ. বল সরণ গ্রাফ হতে স্প্রিং সম্প্রসারণের কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের কণাটির 8 cm সরণে বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. সাম্যাবস্থানে গতিশক্তি ও বিস্তার অবস্থানে স্থিতিশক্তি সমান কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরল ছন্দিত গতিতে স্পন্দনরত কোন কণার একক সময়ে দশা পরিবর্তনের হারকেই কৌণিক কম্পাঙ্ক বলে।

খ বল বনাম সরণ গ্রাফ হতে স্প্রিং সম্প্রসারণের কৃতকাজ নির্ণয় করা যায়। স্প্রিং এর উপর প্রযুক্ত বল, F = kx। এই গ্রাফটি হবে মূলবিন্দুগামী একটি সরলরেখা।



OAB এর ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2} \times F \times x = \frac{1}{2} \times kx \times x = \frac{1}{2}kx^2 = W$
সুতরাং বল বনাম সরণ গ্রাফের ক্ষেত্রফল কৃতকাজ নির্দেশ করে।

গ দেওয়া আছে,
বিস্তার, A = 10 cm = 0.1 m
সাম্যাবস্থান থেকে বিস্তারের অবস্থানে পৌছাতে সময় লাগে,
t = 0.5 s
সুতরাং পর্যায়কাল, $T = 4t = 4 \times 0.5$ s = 2 s
কণার সরণ, x = 8 cm = 0.08 m
আবার, কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.1416}{2} = 3.1416$ rad·s^{-1}.
সুতরাং x = 0.08 m সরণে কণার বেগ v হলে,

$$v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$$
$$= 3.1416\sqrt{(0.1)^2 - (0.08)^2}$$
$$= 0.188 \text{ ms}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, কৌণিক বেগ,
$\omega = 3.1416$ rad·s^{-1}
আমরা জানি,
গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2)$
সাম্যাবস্থানে, x = 0

বিস্তার, A = 10 cm = 0.10 m
কণার ভর, m = 100 gm
= 0.1 kg

∴ সাম্যাবস্থানে গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$

$= \frac{1}{2} \times 0.1 \times (3.1416)^2 \times (0.1)^2$

$= 4.935 \times 10^{-3}$ J

আবার, স্থিতিশক্তি, $E_p = \frac{1}{2}m\omega^2x^2$
বিস্তার অবস্থানে, x = A
∴ বিস্তার অবস্থানে স্থিতিশক্তি, $E_p = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$

$= \frac{1}{2} \times 0.1 \times (3.1416)^2 \times (0.1)^2 = 4.935 \times 10^{-3}$ J

লক্ষ্য করি, $E_k = E_p$
∴ অতএব, সাম্যাবস্থানে গতিশক্তি ও বিস্তার অবস্থানে স্থিতিশক্তি সমান।

প্রশ্ন ▶ ৮০ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭

দৃঢ় অবলম্বন হতে 1m দৈর্ঘ্যের একই উপাদানের দুটি তারের প্রত্যেকটির মুক্তপ্রান্তে 0.08 kg ভর ঝুলানো হলো। তারগুলোর ব্যাস যথাক্রমে 5mm এবং 10mm। (ইয়ং এর গুণাঙ্ক = 2×10^{11} Nm^{-2})।

◀ অধ্যায় ৭ ও ৮ এর সমন্বয়ে

ক. স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কাকে বলে? ১
খ. তামার পয়সনের অনুপাত 0.34 ব্যাখ্যা কর। ২
গ. প্রথম তারটির একক আয়তনে স্থিতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩
ঘ. ভরসহ প্রত্যেকটি ঝুলানো তার সরল দোলকের ন্যায় আচরণ করলে কোনটি ধীরে চলবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৮০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুতে বা তারে অনেকক্ষণ যাবৎ পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধি করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্মের অবনতি ঘটে। তখন অসহ ভার অপেক্ষা কম ভারে তারটি বা বস্তুটি ছিঁড়ে যেতে পারে। বস্তু বা তারের এ অবস্থাকে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি বলে।

খ তামার পয়সনের অনুপাত 0.34 বলতে বোঝায় তামার দৈর্ঘ্য বরাবর স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বল প্রয়োগ করলে পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত সব সময় 0.34 হয়।

গ

আমরা জানি,

$$Y = \frac{mgL}{\pi r^2 l}$$

$$\text{বা, } l = \frac{mgL}{\pi r^2 Y}$$

$$\text{বা, } l = \frac{0.08 \times 9.8}{\pi \times (2.5 \times 10^{-3})^2 \times 2 \times 10^{11}} = 1.996 \times 10^{-7}\,\text{m}$$

এখানে,
১ম তারের দৈর্ঘ্য, $L_1 = 1\,\text{m}$
ব্যাস, $d = 5\text{mm}$
∴ ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = 2.5\text{ mm} = 2.5 \times 10^{-3}\text{ m}$
ইয়ং এর গুণাংক, $Y = 2 \times 10^{11}\,\text{Nm}^{-2}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\,\text{ms}^{-2}$
দৈর্ঘ্য প্রসারণ, $l = ?$

সুতরাং তারটির একক আয়তনে স্থিতিশক্তি,

$$U = \frac{1}{2} \times Y \frac{l^2}{L^2} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{11} \times \left(\frac{1.996 \times 10^{-7}}{1}\right)^2$$

$$= 3.986 \times 10^{-3}\,\text{J/m}^3\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই,

১ম তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_1 = 1.996 \times 10^{-7}$ m

২য় তারের দৈর্ঘ্য প্রসারণ l_2 হলে,

$$Y = \frac{mgL_0}{\pi r_2^2 \times l_2}$$

$$\text{বা, } l_2 = \frac{mgL_0}{\pi r_2^2 \times Y}$$

$$= \frac{5 \times 9.8 \times 1}{\pi \times (5 \times 10^{-3})^2 \times 2 \times 10^{11}}$$

$$= 3.12 \times 10^{-6}\,\text{m}$$

এখানে,
তারদ্বয়ের আদি দৈর্ঘ্য, $L_0 = 1\text{m}$
২য় তারের ব্যাস, $d_2 = 10$ mm
ব্যাসার্ধ, $r_2 = \frac{10}{2} = 5\text{ mm} = 5 \times 10^{-3}\text{m}$
ইয়ং এর গুণাংক, $Y = 2 \times 10^{11}\,\text{Nm}^{-2}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\,\text{ms}^{-2}$

১ম তারের কার্যকর দৈর্ঘ্য, $L_1 = L_0 + l_1$

২য় তারের কার্যকর দৈর্ঘ্য, $L_2 = L_0 + l_2$

১ম তার দ্বারা তৈরি সরলদোলকের দোলনকাল T_1 হলে,

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L_1}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{L_0 + l_1}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1 + 1.996 \times 10^{-7}}{9.8}}$$

$$= 2.00709\text{ sec}$$

২য় তার দ্বারা তৈরি সরলদোলকের দোলনকাল T_2 হলে,

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L_2}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{L_0 + l_2}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1 + 3.12 \times 10^{-6}}{9.8}}$$

$$= 2.007093\text{ sec}$$

এখানে, $T_2 > T_1$ তাই ২য় তার দ্বারা তৈরি সরলদোলক ধীরে চলবে। তবে এই পার্থক্য অনেক কম বলে তা উপলব্ধি করা যাবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮১ বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম ▌ প্রশ্ন নং ৬

একটি সেকেন্ড দোলক ভূ-পৃষ্ঠে সঠিক সময় দেয়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6400 km। দোলকটিকে একটি পাহাড়ের উপর নেওয়া হলে দিনে 30 s ধীরে চলে।

ক. সরল ছন্দিত স্পন্দন কাকে বলে? ১
খ. গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য 250% বৃদ্ধি করা হলে পরিবর্তিত দোলনকাল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গাণিতিকভাবে দেখাও যে, পাহাড়ের উচ্চতা 2500 km এর অধিক নয়। ৪

৮১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোন কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয় এবং যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ, ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন বলে।

খ গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ির কার্যকর দৈর্ঘ্য বেড়ে যায় বলে দোলনকাল বৃদ্ধি পায় এবং দোলনকাল বৃদ্ধির কারণেই গ্রীষ্মকালে দোলন ঘড়ি ধীরে চলে। সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

L এর মান বৃদ্ধি পেলে T এর মান বৃদ্ধি পাবে। কারণ
স্থানে অভিকর্ষণ ত্বরণ (g) নির্দিষ্ট। তাই গ্রীষ্মকালে
যায় বলে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

গ আমরা জানি,

$$T \propto \sqrt{L}$$

$$\therefore \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$$

$$\text{বা, } \frac{T_2}{2} = \sqrt{\frac{3.50\,L}{L}}$$

$$\therefore T_2 = 3.74\text{ s}$$

দেওয়া আছে,
দোলকটির আদি দৈর্ঘ্য, L_1
250% বৃদ্ধির পর দৈর্ঘ্য,
$L_2 = L + 2.50L = 3.50L$
আদি দোলনকাল, $T_1 = 2$
পরিবর্তিত দোলনকাল, T_2

∴ দোলকটির পরিবর্তিত দোলনকাল = 3.74 s **(Ans.)**

ঘ 8(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর অনুরূপ। **উত্তর:** পাহাড়ের
2.22 km (প্রায়)। অর্থাৎ, পাহাড়ের উচ্চতা 2500 km এর অধিক

প্রশ্ন ▶ ৮২ বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম ▌ প্রশ্ন

একটি স্প্রিং এর এক প্রান্ত কোন দৃঢ় অবলম্বনের সাথে আটকিয়ে
প্রান্তে 500 gm ভরের একটি ব্লক ঝুলিয়ে দেওয়া হল। ফলে
cm প্রসারিত হয়ে সাম্যবস্থায় এল। একে সাম্যবস্থান থেকে 12
প্রসারিত করে ছেড়ে দিলে সরল ছন্দিত গতিতে দুলতে থাকে।
এক সময় সাম্যবস্থান থেকে এর সরণ ছিল 8 cm।

ক. বিস্তার কী?
খ. একটি দোলক ঘড়ির দোলনকাল 2 sec হলে এটি সঠিক
দিবে কি? ব্যাখ্যা করো।
গ. ব্লকটির সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো।
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে স্প্রিংটিতে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা প্রতিপা
হয়েছিল কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৮২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তরঙ্গাস্থিত কোনো কণা তার স্পন্দনকালে সাম্যাবস্থা
সর্বোচ্চ যতটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে তাই ঐ কণার বিস্তার।

খ দোলকঘড়ির দোলনকাল 2s হলে তা একটি অর্ধদোলনে সময়
বা 1s। ফলে, সেকেন্ড দোলকের ন্যায় এই দোলকের একটি অর্ধ
এক সেকেন্ড ধরে সময় বিবেচনা করলে হিসাবকৃত সময় সঠিক
কিন্তু ঘড়িটি সেকেন্ড দোলক না হলে তা অবশ্যই সঠিক সময়

গ আমরা জানি,

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{\frac{F}{x}}{m}} = \sqrt{\frac{\frac{mg}{x}}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{g}{x}}$$

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$
প্রসারণ, $x = 16\text{ cm} = 0.16$
বিস্তার, $A = 12\text{ cm} = 0.12$

$$\therefore \omega = \sqrt{\frac{g}{x}} = \sqrt{\frac{9.8}{0.16}} = 7.83\text{ rads}^{-1}$$

আবার,

$$v_{max} = \omega A$$
$$= 7.83 \times 0.12$$
$$= 0.9391\text{ ms}^{-1}$$

অর্থাৎ, ব্লকটির সর্বোচ্চ বেগ 0.9391 ms^{-1} **(Ans.)**

ঘ যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা প্রতিপালিত হয়েছিল কিনা যাচাই এর
আমরা তিনটি অবস্থান এ ($x = 0$, $x = 8$ cm, $x = A = 12$ cm)
শক্তি নির্ণয় করি। যদি প্রতিটি অবস্থানে মোট যান্ত্রিক শক্তির
একই থাকে তাহলে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা প্রতিপালিত হবে।

1. $x = 0$ cm সাম্যাবস্থানের জন্য: সাম্যাবস্থায় বেগ সর্বোচ্চ
এবং সরণ নেই বলে বিভবশক্তি শূন্য হয়। অর্থাৎ এ অবস্থা
গতিশক্তিই মোট যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ। 'গ' হতে প্রাপ্ত, সর্বোচ্চ
0.9391 ms^{-1}

মোট যান্ত্রিক শক্তি = গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2$

$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times (0.9391)^2 = 0.22$ J

x = 8 cm অবস্থানের জন্য:

x = 8 cm = 0.08 m অবস্থানে বেগ, v_x হলে,

$$= \omega\sqrt{A^2 - x^2}$$
$$= 7.83\sqrt{(0.12)^2 - (0.08)^2}$$
$$= 0.7 \text{ ms}^{-1}$$

গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times (0.7)^2$$
$$= 0.123 \text{ J}$$

এখানে,
কৌণিক কম্পাঙ্ক, ω = 7.83 rads^{-1}
বিস্তার, A = 0.12 m
সরণ, x = 0.08 m
ভর, m = 0.5 kg

বিভবশক্তি, $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

$$= \frac{1}{2}m\omega^2x^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times (7.83)^2 \times (0.08)^2$$
$$= 0.098 \text{ J}$$

∴ মোট যান্ত্রিক শক্তি $= E_k + E_p$

$$= (0.098 + 0.123)$$
$$= 0.22\text{J}$$

x = 12 cm বা সর্বোচ্চ বিস্তারের জন্য: বিস্তারে বেগ শূন্য থাকে। তাই, বিভবশক্তি-ই- মোট যান্ত্রিক শক্তি।

∴ মোট যান্ত্রিক শক্তি = বিভবশক্তি $= \frac{1}{2}kx^2$

$$= \frac{1}{2}kA^2$$
$$= \frac{1}{2}m\omega^2A^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times (7.83)^2 \times (0.12)^2$$
$$= 0.22 \text{ J}$$

এখানে,
সর্বোচ্চ বিস্তারের জন্য,
x = A = 0.12 m
ভর, m = 0.5 kg
কৌণিক কপাঙ্ক,
ω = 7.83 rads^{-1}

সুতরাং, সকল অবস্থানেই যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ একই থাকে। অর্থাৎ, প্রক্রিয়াটিতে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা প্রতিপালিত হয়েছিল।

প্রশ্ন ▶ ৮৩ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৩

একটি সেকেন্ড দোলক ঘড়ি পাহাড়ের পাদদেশে সঠিক সময় দেয়, কিন্তু পাহাড়ের চূড়ায় ওঠালে ও ঘণ্টায় 7 সেকেন্ড সময়ের পার্থক্য দেখায়। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ হলো 6400 km।

ক. পার্কিং কক্ষপথ কী? ১

খ. কৃষ্ণগহ্বর থেকে আলো বের হয়ে আসতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পাহাড়টির উচ্চতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পাহাড়ের চূড়ায় সঠিকভাবে সেকেন্ড দোলক কাজ করতে হলে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পার্কিং কক্ষপথ হলো মহাকাশযানের জন্য একটি অস্থায়ী কক্ষপথ, যেখানে এটি মূল গন্তব্যে যাওয়ার আগে স্বল্প সময়ের জন্য অবস্থান করে।

খ কৃষ্ণগহ্বরের মহাকর্ষীয় বল বেশি হওয়ায় এর মুক্তিবেগ তত্ত্বীয়ভাবে আলোর বেগের সমান বা এর চেয়ে বেশি হয়। তাই, কৃষ্ণগহ্বর থেকে আলো বের হয়ে আসতে পারে না। আলো বের হতে পারে না বিধায় কৃষ্ণগহ্বরকে দেখা যায় না।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 12468.689 m।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** পাহাড়ের চূড়ায় সঠিকভাবে সেকেন্ড দোলক কাজ করতে হলে, এর কার্যকর দৈর্ঘ্য 0.388% হ্রাস করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৪ জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৭

200 gm ভরের একটি বস্তুকে একটি ধাতব তারের সাথে বেঁধে নির্দিষ্ট অবলম্বন হতে ঝুলিয়ে অল্প বিস্তারে দুলতে দেওয়া হলো। বস্তুটির দোলনের বিস্তার 20 cm এবং বস্তুটি প্রতি 4 সেকেন্ডে একটি পূর্ণ দোলন সম্পন্ন করে।

ক. আপেক্ষিক আর্দ্রতা কি? ১

খ. শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব হাইগ্রোমিটারের সাহায্যে কিভাবে আবহাওয়ার পূর্বাভাস দেওয়া হয়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বস্তুটির 8 cm সরণে বেগের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ধাতব তারের দৈর্ঘ্য কত পরিবর্তন করলে দোলকটির মাধ্যমে সময় গণনা করা যাবে? গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও। ৪

৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন হয় তাদের অনুপাতই হলো আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

খ সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব হাইগ্রোমিটার এর সাহায্যে সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব রিডিং নিয়ে গ্লেইসারের ধ্রুবক ব্যবহার করে ঐ স্থানের শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব। পরবর্তীতে রেনোর তালিকা হতে এই শিশিরাঙ্কে এবং শুষ্ক বাল্ব তাপমাত্রায় বায়ুচাপ নির্ণয় করে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বের করা সম্ভব হবে। এই আপেক্ষিক আর্দ্রতা ব্যবহার করে আবহাওয়ার পূর্বাভাস দেয়া যায়। উদাহরণস্বরূপ- যদি কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা হঠাৎ কমে যায়, তবে তা থেকে ঝড়ের পূর্বাভাস দেয়া যেতে পারে।

গ আমরা জানি,

বেগ, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

$$= \frac{2\pi}{T}\sqrt{A^2 - x^2}$$
$$= \frac{2\pi}{4} \times \sqrt{(0.2)^2 - (0.08)^2}$$
$$= 0.288 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
বিস্তার, A = 20 cm = 0.2 m
সরণ, x = 8 cm = 0.08 m
দোলনকাল, T = 4 sec
বেগ, v = ?

ঘ দোলকটির মাধ্যমে সময়কাল গণনা করতে হলে, দোলকটিতে সেকেন্ড দোলকে পরিণত করতে হবে। অর্থাৎ এর দোলনকাল, $T_2 = 2$ sec হতে হবে।

এখানে,
দোলনকাল, $T_1 = 4$ sec
ধরি, আদি দৈর্ঘ্য, L_1 ও পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য L_2

আমরা জানি,

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$ [যখন অভিকর্ষজ ত্বরণ, g = ধ্রুব]

বা, $\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

বা, $\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{4}{2}\right)^2 = 4$

∴ $L_2 = 0.25\ L_1$

∴ দৈর্ঘ্য পরিবর্তন করতে হবে, $\frac{L_1 - 0.25L_1}{L_1} \times 100\%$

$$= \frac{0.75}{1} \times 100\%$$
$$= 75\%$$

অর্থাৎ, দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য 75% হ্রাস করলে, দোলকটির মাধ্যমে সময় গণনা করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট । প্রশ্ন নং ৯

একটি সরল ছন্দিত স্পন্দনগতি সম্পন্ন কণার সরণ $x = 10\cos(6\pi t + \frac{\pi}{3})$ মিটার আবার একটি সেকেন্ড দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য গ্রীষ্মকালে 1% বেড়ে যায় এবং শীতকালে 1% কমে যায়।

ক. সীমাবদ্ধ ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল দোলন গতি নয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি সম্পন্ন কণাটির 3 sec পর বেগ ও ত্বরণ কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত সেকেন্ড দোলকটি গ্রীষ্মকালে ও শীতকালে হারানো ও অর্জিত বিট সংখ্যা সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ভেক্টরের পাদবিন্দু নির্দিষ্ট বা যে ভেক্টরের পাদবিন্দু ইচ্ছানুযায়ী পরিবর্তন করা যায় না, তাকে সীমাবদ্ধ ভেক্টর বলে।

খ সংজ্ঞানুসারে সকল সরল ছন্দিত গতিই পর্যায়বৃত্ত গতি, কেননা সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কোন কণা এর গতিপথের যেকোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে। কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত গতি সরল ছন্দিত নয়। যেমন- ঘড়ির কাঁটার গতি পর্যায়বৃত্ত কিন্তু তা সরল দোলন গতির শর্ত পূরণ করে না। ঘড়ির কাঁটার গতি স্পন্দন গতি নয় কেননা এর পর্যায়কালের পুরো সময় এটি একই দিকে ঘুরে। আবার সরল দোলন গতি সরলরৈখিক হয় কিন্তু ঘড়ির কাঁটার গতি বৃত্তাকার, সরল দোলন গতিসম্পন্ন কণার ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক ($a \propto -x$), কিন্তু বৃত্তীয় গতির ত্বরণ $a = \frac{v^2}{r}$; যা সরল দোলন গতির শর্ত পূরণ করে না। তাই সকল পর্যায়বৃত্ত গতি সরল দোলন গতি নয়।

গ সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি সম্পন্ন কণার সরণ,

$x = 10\cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ হলে

এখানে,
সরণ, $x = 10\cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$
সময়, $t = 3$ s

কণাটির বেগ, $v = \frac{dx}{dt}$

$$= \frac{d}{dt}\left\{10\cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)\right\}$$

$$= -10 \times 6\pi \sin\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$$

∴ $t = 3$ s পর কণাটির বেগ,

$$v = -10 \times 6\pi \times \sin\left(6\pi \times 3 + \frac{\pi}{3}\right)$$

$$= -163.24 \text{ ms}^{-1}$$

কণাটির ত্বরণ, $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left\{-10 \times 6\pi \sin\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)\right\}$

$$= -10 \times 6\pi \times 6\pi \times \cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$$

$t = 3$ s হলে, $a = -10 \times 6\pi \times 6\pi \times \cos\left(6\pi \times 3 + \frac{\pi}{3}\right)$

$$= -1776.5 \text{ ms}^{-2}$$

সুতরাং, 3 sec পর কণাটির বেগ -163.24 ms^{-1} ও ত্বরণ -17 ms^{-2} (Ans.)

ঘ আমরা জানি,
সরল দোলকের দোলনকাল,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

এখানে,
সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল,
$T = 2$ s
গ্রীষ্মকালে কার্যকরী দৈর্ঘ্য,
$L' = L + L$ এর $1\% = 1.0$
শীতকালে কার্যকরী দৈর্ঘ্য,
$L'' = L - L$ এর $1\% = 0.99$

গ্রীষ্মকালে দোলনকাল T' হলে,

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{L'}{g}}$$

$$\therefore \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}}$$

বা, $T' = T \times \sqrt{\frac{L'}{L}} = 2 \times \sqrt{\frac{1.01L}{L}} = 2.009975$ s

গ্রীষ্মকালে দিনে n' সেকেন্ড সময় হারালে,

$$T' = \frac{86400 \times 2}{86400 - n'}$$

বা, $86400 - n' = \frac{86400 \times 2}{T'}$

বা, $n' = 86400 - \frac{86400 \times 2}{T'}$

বা, $n' = 86400 - \frac{86400 \times 2}{2.009975}$

$= 428.7 \cong 429$ s সময় হারায়

অনুরূপভাবে শীতকালে দোলনকাল T'' হলে,

$\frac{T''}{T} = \sqrt{\frac{L''}{L}}$ বা, $T'' = T \times \sqrt{\frac{L''}{L}} = 2 \times \sqrt{\frac{0.99L}{L}} = 1.98997$ s

শীতকালে n'' সেকেন্ড দ্রুত চললে,

$$T'' = \frac{86400 \times 2}{86400 + n''}$$

বা, $86400 + n'' = \frac{86400 \times 2}{T''}$

বা, $n'' = \frac{86400 \times 2}{T''} - 86400$

বা, $n'' = \frac{86400 \times 2}{1.98997} - 86400$

$= 435.48 \text{ s} \simeq 435$ s

এখানে, $n' \neq n''$

সুতরাং, গ্রীষ্মকালে ও শীতকালে হারানো ও অর্জিত বিট সংখ্যা স হবে না।

---

৮৬ থেকে ১১৩ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph1bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-links

৮৬. ঢাকা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮৭. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৮৮. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৯০. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৯১. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯২. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৯৩. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯৪. সিলেট বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৯৫. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৯৬. যশোর বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৯৭. বরিশাল বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৯৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯৯. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.co
১০১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.co
১০২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.co
১০৩. যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.co
১০৪. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.co
১০৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.co
১০৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.co
১০৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.co
১০৮. সিলেট বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.co
১০৯. যশোর বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.co
১১০. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.co
১১১. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.co
১১২. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.co
১১৩. যশোর বোর্ড ২০১৫ । প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.co

অধ্যায় ১০ আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	১	১	১	১	১	১	২	১০
২০২৩	১	১	১	১	১	১	২	২	১	১১
২০২২	১	১	১	১	১	১	১	২	১	১০
২০২১	২	১	২	১	২	২	১	১	২	১৪
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	১	১	১	১	–	১	–	৬
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৬	০	–	১	১	১	১	১	১	১	৭
২০১৫	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
মোট প্রশ্ন	৯	৪	১০	৯	১০	১০	৯	১১	১০	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ ▮ প্রশ্ন নং ৬

কোনো একদিন দ্বাদশ শ্রেণির দুই বান্ধবী পলি ও কলি দেশের দুই জেলায় অবস্থান করছিল। পলি ঐদিন যশোরের তাপমাত্রা দেখল 30°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা দেখল 55%। একই দিনে কলি কুমিল্লায় শুষ্ক ও আর্দ্র বাল্ব হাইগ্রোমিটারের তাপমাত্রা দেখল যথাক্রমে 33°C এবং 25.5°C। 33°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারে উৎপাদক 1.62। [33°C, 30°C, 21°C এবং 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 37.83 mm, 31.83 mm, 18.68 mm এবং 17.54 mm পারদ চাপ।]

ক. সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কী? ১

খ. স্থির তাপমাত্রায় বায়ুর ঘনত্ব এর চাপের সমানুপাতিক— ব্যাখ্যা করো। ২

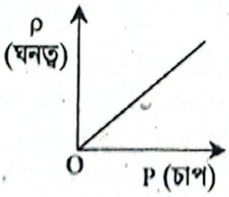
গ. ঐ দিন যশোরের শিশিরাংক হিসাব করো। ৩

ঘ. ঐ দিন পলি বলছিল যে, সে কলির চেয়ে অধিক আরাম বোধ করবে— তার কথার সত্যতা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বাষ্প সর্বোচ্চ যে চাপ দিতে পারে বা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানে বায়ু সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে সেই পরিমাণ বাষ্প যে চাপ দেয় তাই সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ।

খ আমরা জানি, আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ,



$$PV = nRT$$

বা, $PV = \frac{W}{M}RT$

বা, $PM = \frac{W}{V}RT$

বা, $PM = \rho RT.\left[\text{ঘনত্ব}, \rho = \frac{W\ (\text{ভর})}{V\ (\text{আয়তন})}\right]$

এই সমীকরণে একটি নির্দিষ্ট গ্যাসের জন্য মোলার ভর M ধ্রুবক, তাপমাত্রা স্থির হলে T-ও ধ্রুবক।

$\therefore P \propto \rho$

সুতরাং, স্থির তাপমাত্রায় বায়ুর ঘনত্ব এর চাপের সমানুপাতিক।

গ আমরা জানি,

আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, f}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, F}}$

$\therefore R = \frac{f}{F}$

বা, $0.55 = \frac{f}{31.83}$

বা, $f = 0.55 \times 31.303$

$\therefore f = 17.5065$ mm (Hg)

এখানে,
$R = 55\% = 0.55$
$F = 30°C$ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ
$= 31.83$ mm (Hg)
∴ শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, f = ?

দেওয়া আছে, 21°C এবং 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 18.68 mm (Hg) ও 17.54 mm (Hg)

অর্থাৎ, শিশিরাঙ্ক 20°C তাপমাত্রার নিচে হবে।

বি:দ্র: যদি 19°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপের মান দেওয়া থাকত তাহলে নির্ভুলভাবে শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করা যেত।

যেহেতু সেটার পরিমাণ প্রশ্নে উল্লেখ করা হয়নি তাই, 21°C ও 20°C তাপমাত্রাদ্বয়ের জন্য প্রাপ্ত বাষ্পচাপের মান থেকে শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করতে হবে।

(21-20)°C বা 1°C তাপমাত্রা পরিবর্তনে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ হ্রাস পায় = $(18.68 - 17.54) = 1.14$ mm(Hg)

এখন, 1.14 mm(Hg) সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ হ্রাস পায় 1°C তাপমাত্রা হ্রাসে

1 mm(Hg) সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ হ্রাস পায়, $\frac{1}{1.14}$°C তাপমাত্রা হ্রাসে

(17.54 –17.5065) বা 0.0335 mm(Hg) সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ $\frac{1 \times 0.0335}{1.14}$ °C তাপমাত্রা হ্রাসে = 0.03°C তাপমাত্রা হ্রাসে

∴ ঐদিন যশোরের শিশিরাঙ্ক, $\theta = (20 - 0.03)°C = 19.97°C$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,
যশোরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 55%

আমরা জানি,
$\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$
$= 33 - 1.62 \times (33 - 25.5)$
$= 20.85°C$
$(21 - 20)°C = 1°C$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপের বৃদ্ধি $= 18.68 - 17.54 = 1.14$ mm (Hg)

এখানে,
কুয়াকাটার সিক্ত বাল্বের তাপমাত্রা,
$\theta_2 = 25.5°C$
শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা,
$\theta_1 = 33°C$
33°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক, $G = 1.62$
ঐ দিন কুমিল্লার শিশিরাংক, $\theta = ?$

$\therefore$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= (20.85 - 20)°C = 0.85°C$ এর জন্য সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ বৃদ্ধি $= \frac{1.14 \times 0.85}{1} = 0.969$ mm(Hg)

$\therefore$ 20.85°C তাপমাত্রায় বা শিশিরাংকে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ,
$f = 17.54 + 0.969 = 18.509$ mm(Hg)
আবার, 33°C তাপমাত্রায়, সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ, $F = 37.83$ mm(Hg)

$\therefore$ আপেক্ষিক আর্দ্রতা $= \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{18.509}{37.83} \times 100\% = 48.93\%$

যশোরের চেয়ে কুমিল্লায় আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম। তাই কুমিল্লায় যশোর অপেক্ষা অধিক স্বস্তি অনুভূত হবে। সুতরাং, পলির কথা সত্য নয়।

প্রশ্ন ▶ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৭

একটি গ্যাসপূর্ণ বেলুনকে হ্রদের তলদেশে 50 m গভীরতায় নিয়ে যাওয়ায় 2 লিটার আয়তন ধারণ করে। হ্রদের তলদেশে বেলুনে আরো 1 লিটার গ্যাস প্রবেশ করিয়ে ছেড়ে দেওয়া হলো। বেলুনের সর্বোচ্চ ধারণক্ষমতা 8 লিটার। [বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 Nm^{-2}. পানির ঘনত্ব 10^3 kgm^{-3}, $g = 9.8$ ms^{-2}]

ক. মূল গড় বর্গবেগ কী? ১
খ. কোনো স্থানের শিশিরাঙ্ক 22°C— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পানির উপরিতলে বেলুনের প্রাথমিক আয়তন কত ছিল? ৩
ঘ. হ্রদের তলদেশে থেকে বেলুনটি পানির উপরিতলে অক্ষত অবস্থায় পৌঁছাবে কি-না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাস অনুগুলোর বেগের বর্গের গড়মানের বর্গমূল হলো মূল গড় বর্গবেগ।

খ কোনো স্থানের বায়ুর শিশিরাংক 22°C বলতে বুঝায়, ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা হ্রাস পেয়ে 22°C এ উপনীত হলে বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প দ্বারা ঐ স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হবে অর্থাৎ 22°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা হবে (100%) ফলে উক্ত স্থানে জলীয় বাষ্প শিশির কণা আকারে ঝরে পড়তে শুরু করবে।

গ ধরি, পানির উপরিতলে বেলুনের প্রাথমিক আয়তন $= V_1$

আমরা জানি, $P_1V_1 = P_2V_2$
বা, $P_1V_1 = (P_1 + h\rho g)V_2$
বা, $10^5 \times V_1 = (10^5 + 50 \times 10^3 \times 9.8) \times 2$
বা, $10^5 \times V_1 = 1.18 \times 10^6$
বা, $V_1 = \frac{1.18 \times 10^6}{10^5}$
$\therefore V_1 = 11.8$ L **(Ans.)**

এখানে,
পানির উপরিতলে চাপ,
$P_1 =$ বায়ুমণ্ডলের চাপ $= 10^5$ Nm^{-2}
হ্রদের তলদেশে চাপ $= P_2 = P_1 + h\rho g$
হ্রদের তলদেশে বেলুনের আয়তন,
$V_2 = 2L$
হ্রদের গভীরতা, $h = 50$ m
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
পানির ঘনত্ব, $\rho = 10^3$ kgm^{-3}

ঘ আমরা জানি,
$P_1V_1 = P_2V_2$
বা, $P_1V_1 = (P_1 + h\rho g)V_2$
বা, $10^5 \times V_1 = (10^5 + 50 \times 10^3 \times 9.8) \times 3$
বা, $V_1 = \frac{1.77 \times 10^6}{10^5}$
$\therefore V_1 = 17.7$ L

এখানে,
হ্রদের তলদেশে বেলুনের আয়তন,
$V_2 = (2 + 1)$ L $= 3$ L
হ্রদের ওপরে চাপ, $P_1 = 10^5$ Nm^{-2}
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
হ্রদের গভীরতা, $h = 50$ m
হ্রদের তলদেশে চাপ, $P_2 = P_1 + h\rho g$
পানির উপরিতলে আয়তন,
$V_1 = ?$

কিন্তু বেলুনটির সর্বোচ্চ ধারণক্ষমতা 8L। সুতরাং হ্রদের তলদেশ বেলুনটি পানির উপরিতলে অক্ষত অবস্থায় পৌঁছাবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন

এসি চালু করার পূর্বে একটি আবদ্ধ ঘরে কোনো একদিন শুষ্ক ও বালব আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের পাঠ 30°C ও 28°C পাওয়া গেল। ঘরটিতে আরামদায়ক অবস্থায় তাপমাত্রা 24°C ও আপেক্ষিক 60% থাকা প্রয়োজন। 30°C এ গ্লেসিয়ারের উৎপাদক 1.65 এবং 24°C, 26°C, 28°C এবং 30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ 22.38 mm Hg, 25.21 mm Hg, 28.35 mm Hg ও 31.83 mm Hg

ক. শিশিরাংক কাকে বলে?
খ. গ্যাসের অণুগুলোর শক্তি সম্পূর্ণটাই গতিশক্তি— ব্যাখ্যা কর
গ. এসি চালু করার পূর্বে ঘরটিতে শিশিরাংক নির্ণয় কর।
ঘ. এসি চালু করে ঘরটিতে জলীয় বাষ্পচাপের কীরূপ পরিবর্তন করলে ঘরটি আরামদায়ক অবস্থায় আসবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাংক বলে।

খ গ্যাসের অনুগুলোর শক্তি সম্পূর্ণটাই গতিশক্তি। গ্যাস অণুর মধ্যে কোন বিভবশক্তি নেই।
গ্যাসের অণুর মৌলিক স্বীকার্য অনুযায়ী গ্যাস অণুগুলোর প্রতিনিয়ত দ্রুত বেগে বিক্ষিপ্তভাবে ছোটাছুটি করে এবং পরস্পরের সাথে ও পাত্রের দেয়ালের সাথে ধাক্কা খায়। তাই গ্যাসের অণুগুলোর গতিশক্তি বিদ্যমান। কিন্তু গ্যাসের অণুগুলোর আদর্শ হওয়ায় অণুগুলোর পরস্পরের মধ্যে কোনো আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল নেই। আমরা জানি, আকর্ষণ বিকর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করার জন্যই বিভবশক্তি সৃষ্টির হয়। যেহেতু গ্যাসের অণুগুলোর নিজেদের মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ কাজ করে না, তাই গ্যাসের অনুগুলোর শক্তি পুরোটাই গতিশক্তি।

গ
আমরা জানি,
$\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$
বা, $\theta = 30 - 1.65 (30 - 28)$
$\therefore \theta = 26.7°$ C **(Ans.)**

এখানে,
শুষ্ক বাল্বের পাঠ, $\theta_1 = 30°C$
সিক্ত বাল্বের পাঠ, $\theta_2 = 28°C$
30°C এ গ্লেসিয়ারের উৎপাদক
$G = 1.65$
শিশিরাংক, $\theta = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই, শিশিরাঙ্ক = 26.7°C।

আমরা জানি,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পচাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ}} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ}}$$

এসি চালু করার পূর্বে,
(28 – 26) বা, 2°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপের বৃদ্ধি
(28.35 – 25.21) বা, 3.14 mmHg
$\therefore$ শিশিরাঙ্কে (26.7°C) সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,
$f_1 = 25.21 + \frac{3.14 \times 0.7}{2}$ mmHg
$= 26.309$ mmHg
$\therefore$ এসি চালু করার পূর্বে ঘরে উপস্থিত জলীয় বাষ্পচাপ, $f_1 = 26.30$ mmHg।
আরামদায়ক অবস্থার জন্য এসি

$\frac{f_2}{F}$

$0.6 = \frac{f_2}{22.38}$

$f_2 = 22.38 \times 0.6$

$= 13.428$ mmHg

এখানে,
আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = 60\% = 0.6$
বায়ুর তাপমাত্রায় (24°C) সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,
$F = 22.38$ mmHg
∴ বায়ুর তাপমাত্রায় (24°C) বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পচাপ, $f_2 = ?$

ারামদায়ক অবস্থার জন্য ঘরে জলীয় বাষ্পচাপ হতে হবে $f_2 =$ .428 mmHg

বাষ্পচাপ হ্রাস করতে হবে $= \frac{f_1 - f_2}{f_1} \times 100\%$

$$= \frac{26.309 - 13.428}{26.309} \times 100\% = 48.96\%$$

সি চালু করে ঘরটিতে জলীয় বাষ্পচাপ 48.96% হ্রাস করলে ঘরটি ামদায়ক অবস্থায় আসবে।

▶৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ▮ প্রশ্ন নং ৮

োনো একদিন কুয়াকাটায় একটি আর্দ্রতামাপক যন্ত্রে আর্দ্র ও শুষ্ক বাল্ব োমিটারের পাঠ পাওয়া গেল যথাক্রমে 25°C ও 28°C। এখানে পেক্ষিক আর্দ্রতা 70% এর কাছাকাছি হলেই বৃষ্টিপাত শুরু হয়। °C, 24°C ও 28°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 19.83×10^{-3}m পারদ চাপ, 22.38×10^{-3}m পারদ চাপ ও 28.35×10^{-3}m রদ চাপ। 28°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক 1.67।

ক. শক্তি কাকে বলে? ১
খ. "বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকাল আরামদায়ক"— আপেক্ষিক আর্দ্রতার আলোকে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ঐ দিন শিশিরাংক কত ছিল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উক্ত দিনে কুয়াকাটায় বৃষ্টিপাতের সম্ভাব্যতা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ব্যক্তি বা যন্ত্রের কাজ করার সামর্থ্যকে শক্তি বলে।

খ আমাদের শরীর থেকে ঘাম বের হয়। এ ঘাম শুকানোর হার নির্ভর রে আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর। আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম হলে ঘাম শরীর েকে প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ গ্রহণ করে দ্রুত বাষ্পায়িত হয়। ফলে শরীর াড়াতাড়ি তাপ হারায় ও আমরা ঠাণ্ডা অনুভব করি। কিন্তু আপেক্ষিক র্দ্রতা বেশি হলে ঘাম দ্রুত বাষ্পায়িত হয় না, ফলে শরীর ঘামে ভিজে য়ে ও আমরা অস্বস্তি বোধ করি। বর্ষাকালের তুলনায় শীতকালে পেক্ষিক আর্দ্রতা কম থাকে। তাই বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকাল রামদায়ক।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 22.99°C।

ঘ 'গ' থেকে পাই, ঐদিন কুয়াকাটার শিশিরাঙ্ক, $\theta = 22.99$°C।

শিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ,

$$f = 19.83 \times 10^{-3} + \frac{22.38 \times 10^{-3} - 19.83 \times 10^{-3}}{24 - 22} \times 0.99 \text{ mHg}$$

$= 21.092 \times 10^{-3}$ mHg
$= 21.092$ mmHg

এখানে,
22°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ,
$= 19.83 \times 10^{-3}$ mHg
24°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ,
$= 22.38 \times 10^{-3}$ mHg

∴ আপেক্ষিক আদ্রতা,

$R = \frac{f}{F} \times 100\%$

$\therefore R = \frac{21.092}{28.35} \times 100\%$

$= 74.4\%$

এখানে,
বায়ুর তাপমাত্রায় (28°C) সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, $F = 28.35 \times 10^{-3}$ mHg
$= 28.35$ mmHg
শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,
$f = 21.092$ mmHg
∴ আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = ?$

যেহেতু আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% এর কাছাকাছি হলেই বৃষ্টিপাত শুরু হয়, তাই উক্ত দিনে কুয়াকাটায় বৃষ্টিপাত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▮ প্রশ্ন নং ৮

সমুদ্রের 5 km গভীরে ডুবে থাকা একটি মূল্যবান বস্তু উদ্ধারে, একদল ডুবুরী সাবমেরিনে যাত্রা করল। যাত্রাপথে সাবমেরিন থেকে একটি বুদবুদ ছেড়ে দিলে সমুদ্র পৃষ্ঠে এর আয়তন ৪ গুণ হয়। পানির ঘনত্ব 1020 kgm^{-3}, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$। উল্লেখ্য সাবমেরিনটির বহিঃ পৃষ্ঠ সর্বোচ্চ 4×10^7 Pa চাপ সহ্য করতে পারে।

ক. পরম আর্দ্রতা কাকে বলে? ১
খ. কোনো স্থানের শিশিরাঙ্ক বায়ুর তাপমাত্রার সমান হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কত গভীর হতে বুদবুদটি ছেড়ে দেওয়া হয়েছিল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ডুবুরী দল মূল্যবান বস্তুর ঐ স্থানে পৌছাতে পারবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানের বাতাসে একক আয়তনে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে তাকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে।

খ যে তাপমাত্রায় কোনো স্থানের বায়ু এতে উপস্থিত জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় অর্থাৎ, সেখানে শিশির জমতে শুরু করে তাকে ঐ উক্ত বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে। কোনো স্থানের বায়ু যদি স্বাভাবিক অবস্থায় এতে উপস্থিত জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত থাকে, তাহলে সেখানে শিশির জমতে শুরু হবে। অর্থাৎ, তখন বায়ুর তাপমাত্রা আর শিশিরাঙ্ক সমান হবে। তাই বলা যায় যে, কোনো স্থানে শিশিরাঙ্ক বায়ুর তাপমাত্রার সমান হতে পারে।

গ বুদবুদটি সমুদ্রের h মিটার গভীরে থাকলে সেখানে যদি চাপ P_1 হয় তাহলে আমরা লিখতে পারি—

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $(P_{atm} + h\rho g) V_1 = P_{atm} \times 8V_1$

বা, $P_{atm} + h\rho g = 8P_{atm}$

$\therefore h = \frac{7P_{atm}}{\rho g}$

$= \frac{7 \times 10^5}{1020 \times 9.8}$

$= 70.028$ m **(Ans.)**

এখানে,
পুকুরের উপরে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ, $P_2 = P_{atm} = 10^5$ Pa
সমুদ্রের গভীর বুদবুদের আয়তন $= V_1$
সমুদ্র পৃষ্ঠে বুদবুদের আয়তন, $V_2 = 8V_1$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1020 \text{ kgm}^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

ঘ সমুদ্রের 5km গভীরে সাবমেরিনের বহিঃপৃষ্ঠে প্রযুক্ত চাপ, $P = P_{atm} + h\rho g$

$= 10^5 + (5000 \times 1020 \times 9.8)$

$= 10^5 + 4.998 \times 10^7$

$= 5.008 \times 10^7$ Pa

কিন্তু সাবমেরিনটি বহিঃপৃষ্ঠে সর্বোচ্চ 4×10^7 Pa চাপ সহ্য করতে পারে।

এখানে,
সমুদ্র পৃষ্ঠে চাপ, $P_{atm} = 10^5$ Pa
গভীরতা, $h = 5 \text{ km} = 5000$ m
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1020 \text{ kgm}^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

∴ উদ্দীপকের ডুবুরি দল মূল্যবান বস্তুর ঐ স্থানে পৌঁছাতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▮ প্রশ্ন নং ৭

কোনো নির্দিষ্ট দিনে একটি বন্ধ ঘরের ভিতরে রক্ষিত একটি হাইগ্রোমিটারের শুষ্ক ও আর্দ্র বাল্বের পাঠ যথাক্রমে 25°C ও 20°C। একই সময়ে ঘরের বাইরের তাপমাত্রা 15°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70%। 14°C, 16°C ও 18°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 11.99 mm Hg, 13.63 mm Hg ও 15.48 mm Hg, 25°C তাপমাত্রায় গ্লেসিয়ারের উৎপাদক 1.70।

ক. প্রমাণ চাপ কাকে বলে? ১
খ. গ্যাসের গতিতত্ত্বের সাহায্যে তাপমাত্রা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ঘরের ভিতরে শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ঘরের জানালা খুলে দিলে জলীয় বাষ্প কোনদিকে প্রবাহিত হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমুদ্র পৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে 0°C তাপমাত্রায় উল্লম্বভাবে অবস্থিত 760 mm উচ্চতা বিশিষ্ট শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদ স্তম্ভের চাপকে প্রমাণ চাপ বলে।

ঘ গ্যাসের গতিতত্ত্বের মূল কথা হলো, তাপীয় উত্তেজনার ফলে গ্যাসের অণুগুলো (random) এলোমেলো গতিতে গতিশীল। গ্যাসের অণুগুলোর গড় গতিশক্তি গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ ($E_k \propto T$) যখন গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় তখন অণুগুলোর গড় গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। যখন গ্যাস থেকে তাপ অপসারণ করা হয় তখন অণুগুলোর গড় গতিশক্তি হ্রাস পায়। পরমশূন্য তাপমাত্রা (0 K) গ্যাসের অণুর গতিশক্তি শূন্য হয়। এভাবে গ্যাসের গতিতত্ত্বের আলোকে গ্যাস অণুর গতিশক্তির মাধ্যমে তাপমাত্রা ব্যাখ্যা করা যায়।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 16.5°C।

ঘ ঘরের ভিতরে:

বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ,

f_1 = শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ

$= \frac{15.48 - 13.63}{18-16} \times 0.5 + 13.63$ mmHg

$= 14.09$ mmHg

এখানে,
শিশিরাঙ্ক, $\theta = 16.5°C$
('গ' থেকে)
16°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, = 13.63 mmHg
18°C তে তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ = 15.48 mmHg

ঘরের বাইরে:

আপেক্ষিক আর্দ্রতা,

$R = \frac{f_2}{F} \times 100\%$

বা, $0.7 = \frac{f_2}{12.81}$

বা, $f_2 = 0.7 \times 12.81$

$\therefore f_2 = 8.967$ mmHg

এখানে,
আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = 70\% = 0.7$
বায়ুর তাপমাত্রায় (15°C) সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ,
$F = \frac{11.99 + 13.63}{2}$ mmHg
$= 12.81$ mmHg
বায়ুর তাপমাত্রায় উপস্থিত বাষ্পচাপ, $f_2 = ?$

গ্যাসীয় পদার্থ সর্বদা উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপের দিকে প্রবাহিত হয়। যেহেতু ঘরের ভিতরের চেয়ে বাইরে জলীয় বাষ্পচাপ কম, তাই ঘরের জানালা খুলে দিলে জলীয়বাষ্প বন্ধ ঘরের ভিতর থেকে বাইরের দিকে প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৮

A ও B দুইটি সিলিন্ডারে যথাক্রমে 5 g ভরের N_2 ও O_2 গ্যাস আছে। উভয় সিলিন্ডারে আয়তন 8 L। A সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ 4×10^5 Pa এবং B সিলিন্ডারে গ্যাসের চাপ 5×10^5 Pa। $R = 8.31 J\ mol^{-1}K^{-1}$.

ক. আদর্শ চাপ কাকে বলে? ১
খ. দিনের তুলনায় রাতে বেশি শিশির জমে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. B সিলিন্ডারের তাপমাত্রা কত? ৩
ঘ. উভয় সিলিন্ডারে গ্যাসের গতিশক্তি একই হবে কিনা– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 0°C তাপমাত্রায় 45°C অক্ষাংশে সমুদ্র সমতলে যে পরিমাণ বায়ুচাপ 760 mm পারদস্তম্ভের চাপের সমান হয়, তাকে আদর্শ চাপ বলে।

খ দিনের চেয়ে রাতে বায়ুর তাপমাত্রা অধিক হ্রাস পায়। বায়ুর তাপমাত্রা কমতে কমতে শিশিরাঙ্কের কাছে চলে আসলে/শিশিরাঙ্কের সমান হলে শিশির জমা শুরু হয়। কিন্তু দিনের বেলায় তাপমাত্রা এত কমে না, তাই রাতে বেশি শিশির জমে।

গ আমরা জানি,

$PV = nRT$

বা, $5 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3} = \frac{5}{32} \times 8.31 \times T$

বা, $T = \frac{5 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3} \times 32}{5 \times 8.31}$

$\therefore T = 3080.6$ K **(Ans.)**

এখানে, B সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে—
গ্যাসের চাপ,
$P = 5 \times 10^5$ Pa
আয়তন,
$V = 8L = 8 \times 10^{-3} m^3$
গ্যাসের (O_2) মোল সংখ্যা,
$n = \frac{5}{32}$ mol
সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31\ Jmol^{-1}K^{-1}$
সিলিন্ডারের তাপমাত্রা, $T = ?$

ঘ আমরা জানি, গ্যাসের গতিশক্তি, $E = \frac{3}{2}PV$ [E = রৈখিক

A সিলিন্ডারে গ্যাসের গতিশক্তি,

$E_A = \frac{3}{2}P_AV_A$

$= \frac{3}{2} \times 4 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3}$ J

$= 4800$ J

অনুরূপভাবে,

B সিলিন্ডারে গ্যাসের গতিশক্তি,

$E_B = \frac{3}{2}P_BV_B$

$= \frac{3}{2} \times 5 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3}$

$= 6000$ J

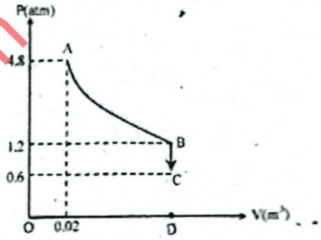
এখানে,
A সিলিন্ডারে চাপ,
$P_A = 4 \times 10^5$ Pa
A সিলিন্ডারের আয়তন,
$V_A = 8L = 8 \times 10^{-3} m^3$
A সিলিন্ডারে গ্যাসের
$E_A = ?$
B সিলিন্ডারে চাপ, $P_B = 5 \times 10$
B সিলিন্ডারের আয়তন,
$V_B = 8L = 8 \times 10^{-3} m^3$
B সিলিন্ডারে গ্যাসের
$E_B = ?$

এখানে, $E_A \neq E_B$ বরং $E_A < E_B$

$\therefore$ উভয় সিলিন্ডারে গ্যাসের গতিশক্তি একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন

চিত্রে তিন মোল গ্যাসের P–V লেখচিত্র দেখানো হয়েছে, যেখানে অংশে T স্থির। 1 atm = 10^5 Nm^{-2}।



ক. পরম আর্দ্রতার সংজ্ঞা দাও।
খ. আপেক্ষিক আর্দ্রতার একক নেই কেন? ব্যাখ্যা করো।
গ. B বিন্দুতে গ্যাসটির আয়তন নির্ণয় করো।
ঘ. B ও C বিন্দুতে গ্যাসটির বেগ ভিন্ন হবে কি গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানের বাতাসে একক আয়তনে যে পরিমাণ জলীয় আছে তাকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে।

খ আমরা জানি আপেক্ষিক আর্দ্রতা = $\frac{\text{বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পচাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প}}$

এখানে হর ও লবে একই জাতীয় দুইটি রাশি থাকায় অর্থাৎ, আপে আর্দ্রতা, দুইটি একই জাতীয় রাশির অনুপাত হওয়ায় এর কোনো নেই। এটি শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা হয়।

গ

AB অংশে T স্থির।

$\therefore P_AV_A = P_BV_B$

বা, $4.8 \times 0.02 = 1.2 \times V_B$

বা, $V_B = \frac{4.8 \times 0.2}{1.1}$

$\therefore V_B = 0.08\ m^3$ **(Ans.)**

এখানে,
A বিন্দুতে চাপ, $P_A = 4.8$ atm
A বিন্দুতে আয়তন, $V_A = 0.02$
B বিন্দুতে চাপ, $P_B = 1.2$ atm
B বিন্দুতে আয়তন, $V_B = ?$

ঘ

B বিন্দুতে, $P_BV_B = nRT_B$

বা, $(1.2 \times 10^5) \times 0.08 = 3 \times 8.314 \times T_B$

বা, $T_B = \frac{1.2 \times 10^5 \times 0.08}{3 \times 8.314}$

$\therefore T_B = 384.89$ K

এখানে,
মোল সংখ্যা, $n = 3$ mol
সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314\ Jmol^{-1}K^{-1}$
B বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_B = ?$
B বিন্দুতে চাপ, $P_B = 1.2$ atm
$= 1.2 \times 10^5$ Pa
B বিন্দুতে আয়তন, $V_B = 0.08$
('গ' থেকে
C বিন্দুতে চাপ, $P_c = 0.6$ atm

বার, BC পথে আয়তন স্থির

$\frac{P_B}{T_B} = \frac{P_C}{T_C}$

বা, $\frac{1.2}{384.89} = \frac{0.6}{T_C}$

বা, $T_c = \frac{0.6 \times 384.89}{1.2}$

$T_C = 192.445$ K

আমরা জানি, গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ,

$C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

যেহেতু R ও M স্থির,

$C_{rms} \propto \sqrt{T}$

অর্থাৎ $\frac{C_{rms,B}}{C_{rms,C}} = \sqrt{\frac{T_B}{T_C}}$

$= \sqrt{\frac{384.49}{192.445}}$

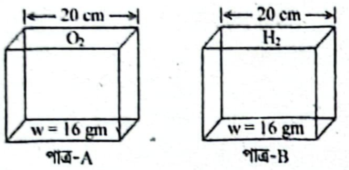
$= \sqrt{2}$

এখানে,
B বিন্দুতে গ্যাসের বেগ = $C_{rms,B}$
C বিন্দুতে গ্যাসের বেগ = $C_{rms,C}$

$\therefore C_{rms,B} = \sqrt{2}\, C_{rms,C}$

সুতরাং, B ও C বিন্দুতে গ্যাসটির বেগ ভিন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৯ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ২



চিত্রে A ও B দুটি ঘনকাকৃতি গ্যাস পাত্র যাদের প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 20 cm এবং উভয় পাত্রে গ্যাসের চাপ 24×10^5 Nm^{-2}।

ক. আপেক্ষিক আর্দ্রতা কাকে বলে? ১

খ. আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হলে শিশিরাঙ্ক কেমন হবে? ২

গ. তাপমাত্রা স্থির রেখে A পাত্রের বাহুর দৈর্ঘ্য অর্ধেক করা হলে পরিবর্তিত চাপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B উভয় পাত্রের প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের C_{rms} বেগের মান সমান হবে কিনা—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন হয় তাদের অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

খ আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হলে বায়ু উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়ে যায়। তখন হাইগ্রোমিটারে শুষ্ক ও সিক্ত বাল্বের তাপমাত্রা সমান হয়ে যায়। অর্থাৎ, $\theta_1 = \theta_2$ হয়। শিশিরাংক নির্ণয়ের সূত্র থেকে আমরা পাই, $\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$। আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হলে $\theta_1 = \theta_2$ হওয়ায় $\theta = \theta_1 - G \times 0 = \theta_1$।

অর্থাৎ শিশিরাংক ঐ দিনের বায়ুর তাপমাত্রার সমান হবে।

গ এখানে,
তাপমাত্রা স্থির।

$\therefore P_A V_A = P'_A V'_A$

বা, $24 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3}$
$= P'_A \times 1 \times 10^{-3}$

বা, $P'_A = \frac{24 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}}$

$\therefore P'_A = 1.92 \times 10^7$ Nm^{-2}

(Ans.)

এখানে, A পাত্রে
আদি চাপ, $P_A = 24 \times 10^5$ Nm^{-2}
আদি আয়তন, $V_A = (20cm)^3 = (0.2m)^3$
$= 8 \times 10^{-3} m^3$
পরিবর্তিত আয়তন,
$V'_A = \left(\frac{20}{2}cm\right)^3 = \left(\frac{0.2}{2}m\right)^3$
$= 1 \times 10^{-3} m^3$
$\therefore$ পরিবর্তিত চাপ, $P'_A = ?$

ঘ

আমরা জানি,

$C_{rms_1} = ?$

$C_{rms_1} = \sqrt{\frac{3P_1V_1}{M_1}}$

$= \sqrt{\frac{3 \times 24 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3}}{32 \times 10^{-3}}}$

$\therefore C_{rms_1} = 1341.64$ ms^{-1}

আবার

$C_{rms_2} = \sqrt{\frac{3P_2V_2}{M_2}}$

$= \sqrt{\frac{3 \times 24 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}}}$

$\therefore C_{rms_2} = 5366.56$ ms^{-1}

এখানে,
A পাত্রের গ্যাসের
আণবিক ভর,
$M_1 = 32$ gm $= 32 \times 10^{-3}$ kg
চাপ, $P_1 = 24 \times 10^5$ Nm^{-2}
['গ' হতে]
আয়তন, $V_1 = 8 \times 10^{-3}$ m^3
$C_{rms_1} = ?$
B পাত্রের গ্যাসের,
আণবিক ভর,
$M_2 = 2$ gm $= 2 \times 10^{-3}$ kg
চাপ, $P_2 = 24 \times 10^5$ Nm^{-2}
আয়তন, $V_2 = V_1 = 8 \times 10^{-3}$ m^3
$C_{rms_2} = ?$

এখানে, $C_{rms_1} \neq C_{rms_2}$

সুতরাং, A ও B উভয় পাত্রের প্রাথমিক অবস্থায় গ্যাসের C_{rms} বেগের মান সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১০ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৪

একটি পাত্র বিশুদ্ধ পানি দ্বারা পূর্ণ করা হল। পাত্রের গভীরতা 20 m। 0.08 m^3 আয়তনের একটি বায়ু বুদবুদ পাত্রের তলদেশ থেকে উপরে উঠে এল। পরবর্তীতে পানির পরিবর্তে পাত্রটি অন্য একটি তরল দ্বারা পূর্ণ করা হলে বুদবুদ তলদেশ থেকে উপরে আসলে এর ব্যাসার্ধ 2 গুণ হয়ে যায়। [ভূ-পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 Nm^{-2} এবং পানি ঘনত্ব 1000 kgm^{-3}]

ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? ১

খ. কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 85% বলতে কী বোঝ? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বিশুদ্ধ পানির ক্ষেত্রে পাত্রের উপরিপৃষ্ঠে বুদবুদের আয়তন কত হবে? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত তরলটি পানির চেয়ে ভারী নাকি হালকা তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে, তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

খ কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 85% বলতে বোঝায়, বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প প্রয়োজন তার শতকরা 85 ভাগ জলীয় বাষ্প ঐ স্থানের বায়ুতে আছে।

গ আমরা জানি,

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $P_1V_1 = (P_1 + h\rho g)V_2$

বা, $10^5 \times V_1 = (10^5 + 20 \times 1000 \times 9.8) \times 0.08$

বা, $V_1 = \frac{2.368 \times 10^4}{10^5}$

$\therefore V_1 = 0.2368$ m^3(Ans.)

এখানে,
পাত্রের তলদেশে চাপ = P_2
পাত্রের গভীরতা, h = 20 m
পাত্রের উপরি পৃষ্ঠে চাপ,
$P_1 = 10^5$ Nm^{-2}
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000$ kgm^{-3}
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}
পাত্রের তলদেশে বুদবুদের আয়তন, $V_2 = 0.08$ m^3
পাত্রের উপরিপৃষ্ঠে বুদবুদের আয়তন, $V_1 = ?$

ঘ ব্যবহৃত তরলের ক্ষেত্রে,

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $P_1 \times \frac{4}{3}\pi r_1^3 = (P_1 + h\rho g) \times \frac{4}{3}\pi r_2^3$

বা, $P_1 2r_2^3 = (P_1 + h\rho g) \times r_2^3$

এখানে,
তলদেশে বুদবুদের ব্যাসার্ধ,
$= r_2$
উপরিতলে বুদবুদের ব্যাসার্ধ,

বা, $10^5 \times 2^3 = (10^5 + 20 \times \rho \times 9.8) \times 1^3$

বা, $20 \times 9.8 \times \rho = 8 \times 10^{-5} - 10^{-5}$

বা, $\rho = \frac{7 \times 10^5}{20 \times 9.8}$

$\therefore \rho = 3571.43\ \text{kgm}^{-3}$

যা পানির ঘনত্বের ($1000\ \text{kgm}^{-3}$) চেয়ে বেশি।

সুতরাং উদ্দীপকে ব্যবহৃত তরলটি পানির চেয়ে ভারী।

$r_1 = 2r_2$

ব্যবহৃত তরলের ঘনত্ব $= \rho$

20 m গভীরে চাপ, $P_2 = P_1 + h\rho g$

পাত্রের গভীরতা, $h = 20$ m

ভূ-পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ,

$P_1 = 10^5\ \text{Nm}^{-2}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$

তরলের ঘনত্ব, $\rho = ?$

প্রশ্ন ▶ ১১ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৭

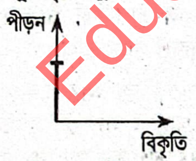
গ্রীষ্মের কোনো একদিনের প্রচণ্ড তাপদাহে মিমি ও তার সহপাঠী পরীক্ষাগারে একটি সিলিন্ডারে 1000 gm মিথেন গ্যাস নিয়ে পরীক্ষা করছিল যার আণবিক ভর 16 gmmol^{-1}। আবহাওয়ার এই অবস্থার প্রেক্ষিতে শিক্ষক ছাত্র-ছাত্রীদের বললেন কোন স্থানে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% অতিক্রম করলেই বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। ঐ স্থানের শিশিরাংক 12.5°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 20.6°C। 12°C, 13°C, 20°C ও 21°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপ যথাক্রমে 10.85 mmHg, 14.5 mmHg, 18.5 mmHg ও 20.55 mmHg।

ক. স্থিতিস্থাপক সীমা কী? ১
খ. পূর্ণ দৃঢ় বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির লেখচিত্র অংকন করে প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সিলিন্ডারে রক্ষিত মিথেন গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ঐ স্থানে ঐ দিন বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা আছে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের আলোকে ব্যাখ্যা করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে অপসারণ করলে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়, বলের সেই মানই স্থিতিস্থাপক সীমা।

খ কোনো বস্তুর উপর বাইরে থেকে যেকোন পরিমান বল প্রয়োগ করে যদি তার বিকৃতি বা কায়িক পরিবর্তন ঘটানো না যায়, তবে ঐ বস্তুকে পূর্ণ দৃঢ় বস্তু বলে। অর্থাৎ পূর্ণ দৃঢ় বস্তুর ক্ষেত্রে বিকৃতি শূন্য।



আমরা জানি, হুকের সূত্রানুসারে, পীড়ন ∝ বিকৃতি এবং $\frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} =$ স্থিতিস্থাপকতার গুণাঙ্ক। পীড়ন ও বিকৃতির লেখচিত্রে বিকৃতি X অক্ষ ও পীড়ন Y অক্ষে নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে প্রাপ্ত রেখাটি Y অক্ষ বরাবর হবে। অর্থাৎ একটি সরলরেখা হবে যা $X = 0$ সমীকরণ মেনে চলে। এখন বিকৃতি শূন্য হওয়ায় পূর্ণ দৃঢ় বস্তুর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক অসীম হবে। কিন্তু বাস্তবে পূর্ণ দৃঢ় বস্তু পাওয়া সম্ভব নয়।

গ আমরা জানি,

$$E = \frac{3}{2} nRT$$

$$= \frac{3}{2} \times 62.5 \times 8.314 \times 293.6$$

$$= 228842.85\ \text{J}$$ **(Ans.)**

এখানে,
মিথেন গ্যাসের মোল সংখ্যা,
$n = \frac{W}{M} = \frac{1000}{16}$ mole $= 62.5$ mole
সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314\ \text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$
তাপমাত্রা, $T = (273 + 20.6)$ K $= 293.6$ K
মিথেন গ্যাসের (রৈখিক) গতিশক্তি, $E = ?$

ঘ দেওয়া আছে, ঐ স্থানের শিশিরাংক 12.5°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 20.6°C।

এখন (13–12)°C বা 1°C তাপমাত্রার পার্থক্যে জলীয় বাষ্পের চাপের পরিবর্তন $= (14.5 - 10.85) = 3.65$ mgHg

$\therefore$ (12.5 – 12)°C বা, 0.5°C তাপমাত্রার পার্থক্যে জলীয় বাষ্পের চাপের পরিবর্তন $= (3.65 \times 0.5)$mmHg $= 1.825$ mmHg

$\therefore$ শিশিরাঙ্ক অর্থাৎ, 12.5°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,

$f = (10.85 + 1.825)$ mmHg $= 12.675$ mmHg

আবার, (21–20)°C বা, 1°C তাপমাত্রার পার্থক্যে জলীয় বাষ্পের চাপের পরিবর্তন $= (20.55 - 18.5)$ mmHg $= 2.05$ mmHg

$\therefore$ (20.6 – 20)° বা, 0.6°C তাপমাত্রার পার্থক্যে জলীয় বাষ্পের চাপের পরিবর্তন $= (2.05 \times 0.6)$ mmHg $= 1.23$ mmHg

$\therefore$ বায়ুর তাপমাত্রা 20.6°C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ,

$F = (18.5 + 1.23)$ mmHg $= 19.73$ mmHg

এখন, ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা

$$R = \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{12.675}{19.73} \times 100\% = 64.24\%$$

দেখা যাচ্ছে, $R < 70\%$

যেহেতু, ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% অপেক্ষা কম, তাই ব যায়, ঐ স্থানে ঐ দিন বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা নেই।

প্রশ্ন ▶ ১২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৮, দিনাজপুর বো ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৮

পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে একজন শিক্ষার্থী $6.2 \times 10^{-7}\ \text{m}^3$ আয়তনে 4g অক্সিজেনকে 0.62 mHg ও 27°C তাপমাত্রা থেকে STP তে রূপান্তর করলো। পরীক্ষা শেষে শিক্ষক মন্তব্য করলেন 'গ্যাসের আয়তন ও গড় বর্গবেগের বর্গমূল উভয়ই হ্রাস পায়'। [অক্সিজেনের আণবিক ভর 32 g এবং সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক $R = 8.31\ \text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$]

ক. শক্তির সমবিভাজন নীতি বিবৃত করো। ১
খ. বিষুব অঞ্চলের আবহাওয়া অস্বস্তিকর– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রাথমিক অবস্থায় অক্সিজেনের গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে শিক্ষকের মন্তব্য সঠিক ছিল কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মন্তব্য করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শক্তির সমবিভাজন নীতিটি হলো– তাপীয় সাম্যবস্থায় আছে এমন গতীয় সিস্টেমের মোট শক্তি বিভিন্ন স্বাধীনতার মাত্রার ভেতর সমভাবে বণ্টিত হয় এবং প্রত্যেক স্বাধীনতার মাত্রা পিছু শক্তির পরিমাণ হয় $\frac{1}{2}kT$।

খ পৃথিবী সুষম গোলক না হওয়ায় বিষুব অঞ্চলে সরাসরি সূর্যের আলো পড়ে যার তাপ অনেক বেশি। সূর্যের প্রচন্ড তাপে সমুদ্রের পানি বাষ্পায়ন প্রক্রিয়ায় বাষ্পীভূত হয়। এজন্য বিষুব অঞ্চলের বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমান অনেক বেশি। জলীয় বাষ্পের পরিমান বেশি হওয়ায় সেখানে আপেক্ষিক আর্দ্রতাও বেশি।

আমাদের স্বাচ্ছন্দ্যবোধ অনেকটা আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভরশীল। আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি হলে সে স্থানের বায়ুতে জলীয়বাষ্প বেশি থাকায় বাষ্পায়ন কম হয়। ফলে আমাদের শরীর থেকে নির্গত ঘাম সেখানে কম শুকায়, এবং আমরা অস্বস্তিবোধ করি। এজন্য বিষুব অঞ্চলের আবহাওয়া অস্বস্তিকর।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 467.44 J।

ঘ প্রাথমিক অবস্থা বা 27°C তাপমাত্রায় অক্সিজেনের গড় বর্গবেগের বর্গমূল C_{rms_1} হলে,

$$C_{rms_1} = \sqrt{\frac{3RT_1}{M}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \times 300}{32 \times 10^{-3}}}$$

$$= 483.44\ \text{ms}^{-1}$$

এখানে,
তাপমাত্রা, $T_1 = 27°\text{C} = (27 + 273)\ \text{K} = 300\ \text{K}$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.31\ \text{J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$
অক্সিজেনের মোলার ভর,
$M = 32\ \text{g} = 32 \times 10^{-3}\ \text{kg mol}^{-1}$

শিক্ষার্থী প্রাথমিক অবস্থা থেকে গ্যাসকে STP তে রূপান্তরের ফলে STP তে গ্যাসের আয়তন V_2 হলে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

বা, $$\frac{620\times6.2\times10^{-7}}{300}=\frac{760\times V_2}{273}$$

বা, $$V_2=\frac{620\times6.2\times10^{-7}\times273}{300\times760}$$

$$V_2=4.6\times10^{-7}\ m^3$$

এখানে,
প্রাথমিক অবস্থায়, আয়তন,
$V_1=6.2\times10^{-7}\ m^3$
চাপ, $P_1=0.62$ mHg
$=620$ mmHg
STP তে,
গ্যাসের চাপ, $P_2=760$ mmHg
তাপমাত্রা, $T_2=0°C$
$=(0+273)\ K=273\ K$

আবার,
STP তে অক্সিজেনের গড় বর্গবেগের বর্গমূল C_{rms_2} হলে,

$$C_{rms_2}=\sqrt{\frac{3RT_2}{M}}$$

$$=\sqrt{\frac{3\times8.31\times273}{32\times10^{-3}}}=461.177\ ms^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে, $V_2<V_1$ এবং $C_{rms_2}<C_{rms_1}$

সুতরাং, পরীক্ষা শেষে গ্যাসের আয়তন ও গড় বর্গবেগের বর্গমূল উভয়ই হ্রাস পায়।

তাই বলা যায়, উদ্দীপকে শিক্ষকের মন্তব্য সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▶ ১৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৭

একটি লবণাক্ত সাগর পৃষ্ঠে 27°C তাপমাত্রায় হিলিয়াম গ্যাস দ্বারা একটি গ্যাস বেলুন পূর্ণ করা হলো। একদিন যখন ঐ বেলুনটি লবণাক্ত পানির নিচে 10°C তাপমাত্রায় রাখা হলো তখন এর ব্যাস সাগর পৃষ্ঠের মানের অর্ধেক পাওয়া গেল। আবার যখন বেলুনটিকে একই গভীতার একটি লেকের পানির নীচে রাখা হলো তখন ব্যাস এর পৃষ্ঠদেশের মানের তিন-চতুর্থাংশ পাওয়া গেল। বোলজম্যান ধ্রুবক $1.38\times10^{-23}\ JK^{-1}$ এবং পৃষ্ঠদেশে চাপ 10^5 Pa মনে করো, লেকের সর্বত্র তাপমাত্রা সমান।

ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? ১
খ. শীতের সকালে শিশির দেখা যায় কেন? ২
গ. লেকের পানিতে 5 m গভীরে বেলুনটির আয়তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি গভীরতা 5 m হয় তবে সাগর ও লেক উভয় ক্ষেত্রে বেলুনের আয়তন সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে, তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

খ শীতের সকালে তাপমাত্রা কম থাকে। এর ফলে পরিবেশের জলীয় বাষ্প ধারণ ক্ষমতা কম থাকে। তাই ধারণ ক্ষমতার চেয়ে অতিরিক্ত যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে তা শিশির আকারে পড়ে যায়। এ কারণে শীতের সকালে শিশির দেখা যায়।

গ ধরি, বেলুনে আবদ্ধ হিলিয়াম গ্যাসের মোল সংখ্যা, $n=1$ mol
লবণাক্ত সাগর পৃষ্ঠে গ্যাস বেলুনের আয়তন V_1 হলে,

$$P_1V_1=RT_1$$

বা, $$V_1=\frac{RT_1}{P_1}$$

বা, $$V_1=\frac{8.314\times300}{10^5}$$

$$=0.025\ m^3$$

এখানে,
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R=8.314\ J\ mol^{-1}K^{-1}$
পৃষ্ঠদেশে চাপ, $P_1=P=10^5$ Pa
তাপমাত্রা, $T=27°C$
$=(273+27)\ K=300\ K$

লেকের পানিতে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা সমান হওয়ায়,
বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$P_1V_1=P_2V_2$$

বা, $$P_1V_1=(P_1+h\rho g)V_2$$

বা, $$V_2=\frac{P_1V_1}{P_1+h\rho g}$$

বা, $$V_2=\frac{10^5\times0.025}{10^5+5\times1000\times9.8}$$

$$\therefore V_2=0.0168\ m^3$$

পৃষ্ঠদেশে চাপ, $P_1=P=10^5$Pa
পৃষ্ঠদেশে আয়তন, $V_1=0.025\ m^3$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g=9.8\ ms^{-2}$
গভীরতা, $h=5$ m
5 m গভীরে চাপ,
$P_2=P_1+h\rho g$
লেকের পানির ঘনত্ব, $\rho=1000\ kgm^{-3}$
[ধরে নিয়ে]

∴ লেকের পানিতে 5 m গভীরে বেলুনের আয়তন $V_2=0.0168\ m^3$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, লেকের পানিতে 5 m গভীরে বেলুনের আয়তন $V=0.0168\ m^3$

এখন, লেকের পানিতে h গভীরতায় যদি বেলুনের ব্যাস এর পৃষ্ঠদেশের মানের তিন- চতুর্থাংশ হয় সেক্ষেত্রে,

$$P_1V_1=P_2V_2$$

বা, $$P_1\times\frac{1}{6}\pi d^3=(P_1+h\rho g)\times\frac{1}{6}\pi\left(\frac{3d}{4}\right)^3$$

বা, $$P_1=(P_1+h\rho g)\times\frac{27}{64}$$

বা. $$\frac{64}{27}P_1=P_1+h\rho g$$

বা, $$h=\frac{\left(\frac{64}{27}P_1-P_1\right)}{\rho g}=\frac{P_1\left(\frac{64}{27}-1\right)}{\rho g}$$

বা, $$h=\frac{10^5\times\left(\frac{64}{27}-1\right)}{1000\times9.8}$$

$$\therefore h=13.9833\ m$$

আয়তন, $V=\frac{4}{3}\pi r^3$
$=\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3$
$=\frac{1}{6}\pi d^3$
পৃষ্ঠে ব্যাস $d_1=d$ হলে,
h গভীরতায় ব্যাস, $d_2=\frac{3d}{4}$
পৃষ্ঠে চাপ, $P_1=10^5$ Pa
ঘনত্ব, $\rho=1000\ kgm^{-3}$
h গভীরতায় চাপ,
$P_2=P_1+h\rho g$

এখন, সমুদ্রের পানির ঘনত্ব ρ' হলে, লবণাক্ত সাগরের ক্ষেত্রে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

বা, $$\frac{P_1\times\frac{1}{6}\pi d^3}{T_1}=\frac{(P_1+h\rho' g)\times\frac{1}{6}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3}{T_2}$$

বা, $$\frac{P_1\times d^3}{T_1}=\frac{(P_1+h\rho' g)\frac{d^3}{8}}{T_2}$$

বা, $$\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_1+h\rho' g}{8T_2}$$

বা, $$h\rho' g=\frac{8T_2P_1}{T_1}-P_1$$

$$\therefore \rho'=\frac{P_1\left(\frac{8T_2}{T_1}-1\right)}{hg}=\frac{10^5\left(8\times\frac{283}{300}-1\right)}{13.9833\times9.8}=4777.32\ kgm^{-3}$$

এখানে,
পৃষ্ঠের ব্যাস, $d_1=d$ হলে,
h গভীরতায় ব্যাস $d_2=\frac{d}{2}$
পৃষ্ঠে তাপমাত্রা, $T_1=27°C$
$=(273+27)\ K=300\ K$
h গভীরতায় তাপমাত্রা,
$T_2=10°C=(273+10)\ K=283\ K$
গভীরতা, $h=13.9833$ m
পূর্বের চাপ, $P_1=10^5$ Pa
h গভীরতায় চাপ,
$P_2=P_1+h\rho' g$.

আবার, সাগরের তাপমাত্রা যদি সরলরৈখিক হারে হ্রাস পায় তাহলে,
$h=13.9833$ m গভীরতায় তাপমাত্রা হ্রাস পায় $(27°C-10°C)$
$=17°C$

∴ 1 m গভীরতায় তাপমাত্রা হ্রাস পায় $\frac{17}{13.9833}$ °C

∴ 5 m গভীরতায় তাপমাত্রা হ্রাস পায় $\frac{17\times5}{13.9833}$ °C $=6.08°C$

∴ সাগরের 5 m গভীরে তাপমাত্রা, $T_2=27°C-6.08°C=20.92°C$

এখন, সাগরের 5 m গভীরে আয়তন V_2 হলে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

বা, $$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{(P_1+h\rho' g)V_2}{T_2}$$

বা, $$\frac{P_1V_1T_2}{T_1(P_1+h\rho' g)}=V_2$$

বা, $$V_2=\frac{10^5\times0.025\times293.92}{300(10^5+5\times4777.32\times9.8)}$$

$$\therefore V_2=0.0073\ m^3$$

দেখা যাচ্ছে, $V_2\neq V$

এখানে,
পৃষ্ঠদেশে চাপ, $P_1=10^5$ Pa
পৃষ্ঠদেশে আয়তন,
$V_1=V=0.025\ m^3$
পৃষ্ঠদেশে তাপমাত্রা,
$T_1=27°C=300\ K$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g=9.8\ ms^{-2}$
গভীরতা, $h=5$ m
সাগরের পানির ঘনত্ব,
$\rho'=4777.32\ kgm^3$
5 m গভীরে তাপমাত্রা,
$T_2=20.92°C$
$=293.92\ K$

সুতরাং বলা যায়, 5 m গভীরতায় সাগর ও লেক উভয় ক্ষেত্রে বেলুনের আয়তন সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ৭

স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে একটি খোলা লিটার ফ্লাস্কের মধ্যে 1.32×10^{-3} kg নাইট্রোজেন গ্যাস থাকতে পারে। 90°C তাপমাত্রার গরম পানি দ্বারা ফ্লাস্কটি অর্ধপূর্ণ করা হলে গ্যাস পানির সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে।

ক. সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কাকে বলে? ১
খ. বর্ষাকালে ভেজা কাপড় দেরিতে শুকায় কেন? ২
গ. পানির তাপমাত্রায় একটি নাইট্রোজেন অণুর গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গরম পানি দ্বারা অর্ধপূর্ণ করার পর পূর্বের অর্ধেক পরিমাণ গ্যাস ধারণ করবে না— উক্তিটির যথার্থতা যাচাই করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানে বায়ু সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে সেই পরিমাণ বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বলে।

খ বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা বেশি থাকা সত্ত্বেও ভেজা কাপড় দেরিতে শুকায়। কারণ বর্ষাকালে বায়ুতে জলীয়বাষ্পের পরিমাণ বেশি থাকে। অর্থাৎ বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি থাকে। ফলে ভেজা কাপড় থেকে পানির বাষ্পায়ন ধীরে ধীরে হয়ে। তাই বর্ষাকালে ভেজা কাপড় দেরিতে শুকায়।

গ আমরা জানি, একটি নাইট্রোজেন অণুর গতিশক্তি,

$$E = \frac{5}{2}kT$$
$$= \frac{5}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 363$$
$$= 1.25235 \times 10^{-20}\ \text{J}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পানির তাপমাত্রা, $T = 90°\text{C}$
$= (273 + 90)\ \text{K} = 363\ \text{K}$
বোল্টজম্যান ধ্রুবক,
$k = 1.38 \times 10^{-23}\ \text{JK}^{-1}$

ঘ এখানে, স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে খোলা লিটার ফ্লাস্কে বিদ্যমান নাইট্রোজেন গ্যাসের ভর, $m_1 = 1.32 \times 10^{-3}$ kg
90°C তাপমাত্রার গরম পানি দ্বারা ফ্লাস্কটি অর্ধপূর্ণ করা হলে গ্যাস পানির সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকায়, গ্যাসের তাপমাত্রা,
$T = 90°\text{C} = (273 + 90)\text{K} = 363\ \text{K}$
গ্যাসের আয়তন, $V = 0.5\ \text{L} = 0.5 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$
ফ্লাস্কটি খোলা থাকায় গ্যাসের চাপ, $P = 1.013 \times 10^5$ Pa
নাইট্রোজেন গ্যাসের আণবিক ভর, $M = 28\ \text{g} = 28 \times 10^{-3}$ kg
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314\ \text{J mol}^{-1}\ \text{K}^{-1}$
গ্যাসের ভর m_2 হলে,
আমরা জানি,

$$PV = nRT$$

বা, $PV = \frac{m_2}{M}RT$ বা, $m_2 = \frac{PVM}{RT}$

বা, $m_2 = \frac{1.013 \times 10^5 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 28 \times 10^{-3}}{8.314 \times 363}$ $\therefore m_2 = 4.7 \times 10^{-4}$ kg

এখন, $\frac{m_1}{2} = \frac{1.32 \times 10^{-3}}{2} = 6.6 \times 10^{-4}$ kg

দেখা যাচ্ছে, $m_2 < \frac{m_1}{2}$

সুতরাং বলা যায়, গরম পানি দ্বারা অর্ধপূর্ণ করার পর পূর্বের অর্ধেক পরিমান গ্যাস ধারণ করবে না— উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ১৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ৮

কোনো একদিন ঢাকার তাপমাত্রা 25° C এবং শিশিরাংক 15.7° C। ঐ দিন কুয়াকাটায় রাখা একটি সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব আপেক্ষিক আর্দ্রতামাপক যন্ত্রে সিক্ত বাল্ব থার্মোমিটারের তাপমাত্রা 20.1° C। 25° C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক 1.7। 15° C, 16° C, 20° C, 22° C ও 25° C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 12.8 mmHgP, 13.63 mmHgP, 17.54 mmHgP, 19.83 mmHgP ও 23.8 mmHgP।

ক. চার্লস-এর সূত্রটি লেখ।
খ. কোনো অঞ্চলে কুয়াশা কেন পড়ে? ব্যাখ্যা করো।
গ. ঢাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা বের করো।
ঘ. উক্ত দিনে ঢাকা এবং কুয়াকাটার মধ্যে কোন অঞ্চল আরামদায়ক? গাণিতিক ব্যাখ্যা করো।

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চার্লস এর সূত্রটি হলো– স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

খ নদী নালা, খালবিল, সাগর ইত্যাদি হতে পানি সবসময় বাষ্প ফলে জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় এবং বায়ুমন্ডলে মিশে যায়। বেলায় সূর্যের তাপে ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বাতাস গরম থাকে এবং জলীয় দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে। কিন্তু রাতের বেলায় সূর্যের আলো না পরিবেশ ঠান্ডা হতে থাকে। বিশেষ করে শীতকালে তাপমাত্রা কমে যায়। ফলে জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশিরে পরিণত হয়। সকাল বেলা আমরা শিশির, কুয়াশা পড়তে দেখতে পাই। এ কারণে কোনো অঞ্চলে কুয়াশা পড়ে।

গ এখানে,
25°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ,
$F = 23.8$ mmHgP
$(16-15)°\text{C} = 1°\text{C}$ এর জন্য সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপের বৃদ্ধি
$= (13.63 - 12.8)\ \text{mmHgP} = 0.83$ mmHgP
$\therefore (15.7 - 15)°\text{C} = 0.7°\text{C}$ এর জন্য সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপের
$= (0.7 \times 0.83)\ \text{mmHgP} = 0.581$ mmHgP
সুতরাং শিশিরাংকে (15.7°C) সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,
$f = 12.8 + 0.581 = 13.381$ mmHgP

$\therefore$ ঢাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা $= \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{13.381}{23.8} \times 100\%$
$= 56.22\%$ **(Ans.)**

ঘ ‘গ’ হতে পাই,
ঢাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা 56.22%
আমরা জানি,
$\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$
$= 25 - 1.7(25 - 20.1)$
$= 16.67°\text{C}$
$(20 - 16)°\text{C} = 4°\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপের বৃদ্ধি $= 17.54 - 13.63 = 3.91$ mmHgP

এখানে,
কুয়াকাটার সিক্ত বাল্বের তাপ
$\theta_2 = 20.1°\text{C}$
শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা,
$\theta_1 = 25°\text{C}$
গ্লেইসারের উৎপাদক, $G = 1.$
কুয়াকাটার শিশিরাংক, $\theta = ?$

$\therefore$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি $(16.67 - 16) = 0.67°\text{C}$ এর জন্য সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ বৃদ্ধি $= \frac{3.91 \times 0.67}{4} = 0.655$ mmHgP
$\therefore$ 16.67°C তাপমাত্রায় বা শিশিরাংকে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ,
$f = 13.63 + 0.655 = 14.285$ mmHgP
25°C তাপমাত্রায়, সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ, $F = 23.8$ mmHgP
$\therefore$ আপেক্ষিক আর্দ্রতা $= \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{14.285}{283.8} \times 100\% = 60\%$
কুয়াকাটার চেয়ে ঢাকায় আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম। তাই উক্ত দিনে বেশি আরামদায়ক হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৬ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন

দুইজন শিক্ষার্থী একটি দ্বীপে বেড়াতে গিয়ে পাশাপাশি অবস্থিত পুকুরের বায়ু বুদবুদ নিম্নরূপ পর্যবেক্ষণ করল। বায়ুমণ্ডলের চাপ = 10

পুকুরের নাম	বায়ু বুদবুদ	পানির ঘনত্ব
মিঠাপানির পুকুর	পানির তলদেশ থেকে উপরিতলে আসায় আয়তন 4 গুণ হয়।	$1.0 \times 10^3\ \text{kgm}^{-3}$
লবণাক্ত পানির পুকুর	পানির তলদেশ থেকে উপরিতলে আসায় ব্যাস 2 গুণ হয়।	$1.1 \times 10^3\ \text{kgm}^{-3}$

ক. শিশিরাংক কী? ১

খ. কোনো একটি গ্যাসের একটি অণুর গতিশক্তি তাপমাত্রার সাথে কীভাবে পরিবর্তিত হয়— লেখচিত্রের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মিঠাপানির পুকুরের গভীরতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উক্ত পুকুর দুটিতে পানির তলদেশের চাপের তারতম্য গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

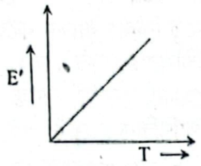
১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাই ঐ বায়ুর শিশিরাংক।

খ একটি অণুর গতিশক্তি $= \frac{f}{2} \times$ বোল্টজম্যান ধ্রুবক × পরম তাপমাত্রা

অর্থাৎ, $E' = \frac{f}{2}KT \therefore E' \propto T$ [f = স্বাধীনতার মাত্রা]

এখানে, দেখা যাচ্ছে যে গ্যাসের একটি অণুর গতিশক্তি এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ গ্যাসের পরম তাপমাত্রা বাড়লে গতিশক্তি বাড়বে এবং তাপমাত্রা কমলে গতিশক্তি কমবে। এই পরিবর্তন হবে সরলরৈখিক। অর্থাৎ গতিশক্তি বনাম পরম তাপমাত্রার লেখচিত্র মূলবিন্দুগামী সরলরেখা হবে। নিচের চিত্রে এটি দেখানো হলো–



গ পুকুরের গভীরতা = h হলে,

আমরা জানি,

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $(P_{atm} + h\rho g)\,V_1 = P_{atm} \times 4V_1$

বা, $P_{atm} + h\rho g = 4P_{atm}$

$\therefore\ h = \frac{3P_{atm}}{\rho g}$

$= \frac{3 \times 10^5}{1.0 \times 10^3 \times 9.8}$

$= 30.6$ m **(Ans.)**

এখানে,

পুকুরের উপরে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ, $P_{atm} = 10^5$ Pa

বুদবুদের, আদি আয়তন = V_1

চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = 4V_1$

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1.0 \times 10^3$ kgm^{-3}

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

ঘ 'গ' হতে পাই,

মিঠাপানির পুকুরের গভীরতা

$h = 30.6$ m

∴ পুকুরের তলদেশে চাপ,

$P_1 = P_{atm} + h\rho g$

$= 10^5 + 30.6 \times 1 \times 10^3 \times 9.8$

$= 3.9988 \times 10^5$ Pa

লবণাক্ত পানির পুকুরের ক্ষেত্রে

তলদেশে আয়তন $V_1' = \frac{1}{6}\pi d_1^3$

পৃষ্ঠের আয়তন, $V_2' = \frac{1}{6}\pi d_2^3$

$= \frac{1}{6}\pi (2d_1)^3$

$= 8 \times \frac{1}{6}\pi d_1^3$

$\therefore \frac{V_2'}{V_1'} = 8$ বা, $V_2' = 8V_1'$

$\therefore P_1'V_1' = P_2'V_2'$

বা, $P_1'V_1' = P_{atm} \times 8V_1'$

বা, $P_1' = 8 \times 10^5$ Pa

$\therefore P_1' - P_1 = (8 - 3.9988) \times 10^5 = 4.0012 \times 10^5$ Pa

এখানে,

মিঠাপানির পুকুরের ক্ষেত্রে, ঘনত্ব, $\rho = 1 \times 10^3$ kgm^{-3}

বুদবুদের পানির তলদেশে আয়তন $= V_1$

∴ পানির উপরে আয়তন,

$V_2 = 4V_1$

পানির তলদেশে চাপ $= P_1$

পানির পৃষ্ঠে চাপ $= P_2 = P_{atm}$

$10^5 = $ Pa

লবণাক্ত পানির পুকুরের ক্ষেত্রে, ঘনত্ব, $\rho' = 1.1 \times 10^3$ kgm^{-3}

তলদেশে বুদবুদের ব্যাস $= d_1$

∴ পৃষ্ঠে ব্যাস, $d_2 = 2d_1$

তলদেশে চাপ $= P_1'$

পৃষ্ঠে চাপ $= P_2' =$ Patm

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

তাই বলা যায়, লবণাক্ত পানির পুকুরের তলদেশে চাপের মান মিঠাপানির পুকুরের চেয়ে 4.0012×10^5 Pa বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৭ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৮

কোনো একটি পরীক্ষণে খাগড়াছড়িতে বায়ুর তাপমাত্রা 28°C এবং শিশিরাংক 7.8°C পাওয়া গেল। হঠাৎ শৈত্যপ্রবাহের ফলে ঐ স্থানের তাপমাত্রা কমে 14°C হলো।

7°C, 8°C এবং 28°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 7.51, 8.05 এবং 28.35 mm পারদ।

ক. সম্পৃক্ত বাষ্প চাপের সংজ্ঞা লেখো। ১

খ. গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য লেখো। ২

গ. খাগড়াছড়ির আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তাপমাত্রার পরিবর্তনে উক্ত স্থানের আবদ্ধ বায়ুর শিশিরাংক একই থাকবে নাকি ভিন্ন হবে? গাণিতিক যুক্তসহ মতামত দাও। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বাষ্প সর্বোচ্চ যে চাপ দিতে পারে বা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানে বায়ু সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে সেই পরিমাণ বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।

খ কোনো পদার্থের তাপমাত্রা এর ক্রান্তি তাপমাত্রা অপেক্ষা কম হলে তাকে বাষ্প বলে। আর কোনো পদার্থের তাপমাত্রা এর ক্রান্তি তাপমাত্রা অপেক্ষা অধিক হলে তাকে গ্যাস বলে। তাপমাত্রা ঠিক রেখে গ্যাসকে শুধু চাপ প্রয়োগে তরলে পরিণত করা যায় না, বাষ্পকে তরলে পরিণত করা যায়।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 28%।

ঘ শিশিরাঙ্ক হলো সেই নির্দিষ্ট তাপমাত্রা, যেখানে বাতাসে থাকা জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির গঠন করতে শুরু করে। এটি নির্ভর করে বাতাসে থাকা জলীয় বাষ্পের পরিমাণের ওপর। যদি কোনো স্থানের বাতাস আবদ্ধ থাকে, তাহলে এর জলীয় বাষ্পের পরিমাণ পরিবর্তন হয় না। ফলে তাপমাত্রা কমলেও শিশিরাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকে। কারণ শিশিরাঙ্ক শুধুমাত্র বাতাসে থাকা জলীয় বাষ্পের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল, তাপমাত্রার ওপর নয়। তাই, যতক্ষণ না বাতাসের জলীয় বাষ্পের পরিমাণ পরিবর্তন হয়, ততক্ষন শিশিরাঙ্কও পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▸ ১৮ যশোর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৭

কোনো স্থানে একজন ডুবুরী অক্সিজেন সিলিন্ডার ছাড়া 5 m গভীর পর্যন্ত পানির নিচে অনুসন্ধান করতে পারে। ঐ স্থানের পানির উপরিতলে 10^5 Pa চাপে বায়ু ভর্তি একটি বেলুনের আয়তন 10^{-3} m^3। বেলুনটি ওখানে নিমজ্জিত করলে কোনো এক জায়গায় আয়তন হয় 4×10^{-4} m^3।

পানির ঘনত্ব $= 10^3$ kgm^{-3}

অভিকর্ষজ ত্বরণ $= 9.8$ ms^{-2}

ক. পয়সনের অনুপাত কী? ১

খ. কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50% বলতে কী বোঝ? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পানির উপরিতলে বেলুনের মধ্যে গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যেখানে বেলুনের আয়তন 4×10^{-4} m^3 হয় সেখানে ডুবুরী অক্সিজেন সিলিন্ডার ছাড়া অনুসন্ধান কার্য সম্পাদন করতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত প্রদান করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতই পয়সনের অনুপাত।

খ কোনো স্থানে বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50% বলতে বোঝায় কোনো নির্দিষ্ট সময় ঐ স্থানের বায়ুতে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে ঐ সময় তার শতকরা 50 ভাগ জলীয় বাষ্প ঐ স্থানের বায়ুতে উপস্থিত আছে।

গ আমরা জানি,

$E = \frac{3}{2}PV$

$= \frac{3}{2} \times 10^5 \times 10^{-3}$

$= 150$ J **(Ans.)**

এখানে,

বায়ু ভর্তি বেলুনের আয়তন, $V = 10^{-3}$ m^3

বায়ু ভর্তি বেলুনের চাপ, $P = 10^5$ Pa

গ্যাসের গতিশক্তি (রৈখিক গতিশক্তি), E = ?

ঘ ধরি, পানির গভীরতা = h

আমরা জানি,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

বা, $P_1V_1 = (P_1 + h\rho g)V_2$

বা, $h\rho g = \frac{P_1V_1}{V_2} - P_1$

$$\therefore h = \frac{\frac{P_1V_1}{V_2} - P_1}{\rho g} = \frac{\frac{10^5 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-4}} - 10^5}{10^3 \times 9.8} = 15.30 \text{ m} > 5 \text{ m}$$

এখানে,
পানির ঘনত্ব, $\rho = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
পানির উপরিতলে বেলুনের আয়তন, $V_1 = 10^{-3} \text{ m}^3$
এবং চাপ; $P_1 = 10^5 \text{ Pa}$
পানির তলদেশে বেলুনের আয়তন, $V_2 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
পানির তলদেশে চাপ, $P_2 = P_1 + h\rho g$

অতএব, ডুবুরি পানির তলদেশে অক্সিজেন সিলিন্ডার ছাড়া অনুসন্ধান কার্য সম্পাদন করতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৯ যশোর বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৮

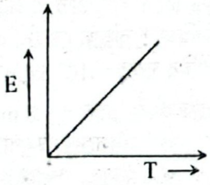
কোনো স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 20°C এবং শিশিরাঙ্ক 7.4°C। বায়ুর তাপমাত্রা কমে 16°C হলো। 7°C, 8°C এবং 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 7.53 mm, 8.05 mm ও 17.54 mm পারদ চাপ।

ক. গড় মুক্তপথ কাকে বলে? ১
খ. গ্যাসের অণুগুলোর গড় গতিশক্তি গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত? ৩
ঘ. আপেক্ষিক আর্দ্রতা অপরিবর্তিত রেখে বায়ুর তাপমাত্রা কমার ফলে শিশিরাঙ্কের পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বকে গড় মুক্তপথ বলে।

খ আমরা জানি, গ্যাসের অণুগুলোর গতিশক্তি, $E = \frac{f}{2}kT$ এখানে, k হলো বোলজ্‌ম্যান ধ্রুবক এবং (f স্বাধীনতার মাত্রা, যা নির্দিষ্ট গ্যাসের জন্য ধ্রুবক) তাই $E \propto T$ অর্থাৎ গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। পরম তাপমাত্রা কমলে গ্যাসের গতিশক্তিও কমবে আবার পরম তাপমাত্রা বাড়লে গ্যাসের গতিশক্তিও বাড়বে। পরম তাপমাত্রা শূন্য হলে গতিশক্তিও শূন্য হবে। লেখচিত্রের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হলে বিষয়টি আরো ভালোভাবে বুঝা যায়।



গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 44.11%।

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত,

20°C তাপমাত্রার জন্য আপেক্ষিক আর্দ্রতা = 44.11% = 0.4411

20°C এ সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ = 17.54 mm(Hg)

∴ প্রথম ক্ষেত্রে শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, $f = (0.4411 \times 17.54) = 7.7369 \text{ mm(Hg)}$

মনে করি, বায়ুর তাপমাত্রা 16°C এর জন্য শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ f'

(20 − 8)°C বা, 12°C এর জন্য সম্পৃক্ত বাষ্পচাপের বৃদ্ধি = (17.54 − 8.05) = 9.49 mm (Hg)

∴ (16 − 8)°C বা, 8°C এর জন্য সম্পৃক্ত বাষ্পচাপের বৃদ্ধি = $\frac{8 \times 9.49}{12} = 6.3267 \text{ mm(Hg)}$

∴ 16°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, $F' = (8.05 + 6.3267) = 14.3767 \text{ mm(Hg)}$

প্রশ্নমতে, $0.4411 = \frac{f'}{F'}$

বা, $f' = 0.4411 \times F' = 0.4411 \times 14.3767 = 6.34 \text{ mm(Hg)}$

গাণিতিকভাবে দেখা যাচ্ছে, পূর্বের শিশিরাঙ্কের সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, f ও নতুন তাপমাত্রার জন্য শিশিরাঙ্কে বাষ্পচাপ, f' সমান নয়। তাই শিশিরাঙ্ক ও নতুন শিশিরাঙ্ক একই হবে না। অর্থাৎ, শিশিরাঙ্কের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶ ২০ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন

একজন আবহাওয়াবিদ দৈনিক প্রতিবেদন তৈরির জন্য একদিন ঢাকা এবং রাজশাহীতে স্থাপিত দুটি সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব আর্দ্রতা মাপক যন্ত্রের মাধ্যমে নিম্নের উপাত্তগুলো সংগ্রহ করলেন।

স্থান	শুষ্ক বাল্ব থার্মো: পাঠ	সিক্ত বাল্ব থার্মো: পাঠ	বায়ুর তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদকের মান
ঢাকা	28.6°C	20°C	1.664
রাজশাহী	32.5°	22°C	1.625

[14°C, 16°C, 28°C, 30°C, 32°C এবং 34°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 11.99, 13.63, 28.35, 31.83, 35.66 ও 39.90 mmHgP স্বাস্থ্যের জন্য আপেক্ষিক আর্দ্রতার স্বাচ্ছন্দ্যময় মান হলো 40% থেকে 60% পর্যন্ত]

ক. আর্দ্রতামিতি কাকে বলে?
খ. একই তাপমাত্রায় ভিন্ন ভিন্ন এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে গড় গতিশক্তি ধ্রুব থাকে কিনা? ব্যাখ্যা করো।
গ. ঐ দিন ঢাকার শিশিরাঙ্ক কত ছিল?
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কোনো ব্যক্তি কোথায় অধিকতর স্বাচ্ছন্দ্য বোধ করবেন? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থবিজ্ঞানের যে শাখায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্ণয় করা হয় তাকে আর্দ্রতামিতি বলে।

খ আমরা জানি, এক মোল কোনো গ্যাসের গড় গতিশক্তি,

$\bar{E} = \frac{f}{2}kT$. যেখানে, f স্বাধীনতার মাত্রা, k বোলজম্যান ধ্রুবক, T হলো পরম তাপমাত্রা। একই তাপমাত্রায় ভিন্ন ভিন্ন এক মোল গ্যাসের জন্য k এবং T ধ্রুবক হলেও f ধ্রুবক নয়। স্বাধীনতার মাত্রা, f গ্যাসের আণবিক গঠনের উপর নির্ভরশীল। ফলে বলা যায়, $\bar{E} \propto f$। একই তাপমাত্রায় ভিন্ন ভিন্ন এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে গড় গতিশক্তি ধ্রুব থাকে না।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 14.29°C।

ঘ আমরা জানি,

$$\theta_1 - \theta = G(\theta_1 - \theta_2)$$

বা, $\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$

বা, $\theta = 32.5 - 1.625(32.5 - 22)$

$\therefore \theta = 15.44°C$

এখানে,
রাজশাহীতে
শুষ্ক বাল্ব পাঠ, $\theta_1 = 32.5°C$
সিক্ত বাল্ব পাঠ, $\theta_2 = 22°C$
গ্লেইসারের উৎপাদক, G = 1.6
রাজশাহীর শিশিরাঙ্ক, θ = ?

ঢাকার শিশিরাঙ্ক, θ′ = 14.29°C ['গ' হতে প্রাপ্ত]

(16 − 14)° C বা 2° C তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপের পরিবর্তন হয় (13.63 − 11.99) mmHg = 1.64 mmHg

সুতরাং,

(16 − 15.44)° C বা 0.56°C তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের পরিবর্তন হয় $\left(\frac{1.64}{2} \times 0.56\right) \text{mmHg} = 0.4592 \text{ mmHg}$

∴ রাজশাহীর শিশিরাঙ্কে 15.44°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, $f_R = 13.63 - 0.4592 = 13.171 \text{ mmHg}$

∴ 14.29°C তাপমাত্রায় ঢাকায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,

$$f_D = \left(11.99 + 0.29 \times \frac{1.64}{2}\right) \text{mmHg} = 12.23 \text{ mmHg}$$

একইভাবে, রাজশাহীতে 32.5°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,

$$F_R = \left(35.66 + \frac{39.90 - 35.66}{2} \times 0.5\right) \text{mmHg} = 36.72 \text{ mmHg}$$

ঢাকায় 28.6°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,

$$F_D = \left(28.35 + \frac{31.83 - 28.35}{2} \times 0.6\right) \text{mmHg} = 29.394 \text{ mmHg}$$

এখন, ঢাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_D = \frac{f_D}{F_D} \times 100\% = \frac{12.23}{29.394} \times 100\%$
$= 41.61\%$

রাজশাহীর আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_R = \frac{f_R}{F_R} \times 100\% = \frac{13.171}{36.72} \times 100\%$
$= 35.87\%$

দেখা যাচ্ছে, $R_R < R_D$

উদ্দীপকে উল্লিখিত স্বাস্থ্যের জন্য আপেক্ষিক আর্দ্রতার স্বাচ্ছন্দ্যকর মান হলো 40% থেকে 60% পর্যন্ত। সুতরাং ঢাকায় থাকা কোনো ব্যক্তি অধিকতর স্বস্তি বোধ করবেন।

প্রশ্ন ▸ ২১ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৭

একদিন কোনো এক স্থানের নিম্নোক্ত তথ্যাদি পাওয়া গেল:

ঘরের মধ্যে: শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা = 32°C
আর্দ্র বাল্বের তাপমাত্রা = 28°C
32°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের ধ্রুবক = 1.63
24°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ = 22.38 mmHg
26°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ = 25.21 mmHg
32°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ = 35.66 mmHg
ঘরের বাইরে: তাপমাত্রা = 14°C
14°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ = 12.0 mmHg
আপেক্ষিক আর্দ্রতা = 80%।

ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১
খ. পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধির সাথে অণুর গড় বর্গবেগও বৃদ্ধি পায়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ঘরের মধ্যে শিশিরাঙ্ক বের করো। ৩
ঘ. ঐ দিন ঘরের বাইরে না ভিতরে ভেজা কাপড় দ্রুত শুকাবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ কোনো সময় কোনো স্থানের একক আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প থাকে, তাকে বায়ুর ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে। পরম আর্দ্রতা তখনই বৃদ্ধি পায় যখন বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কারণ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে জলীয়বাষ্প ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। ফলে পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধি পায়।

আবার, অণুর গড় বর্গবেগ, $C_{rms}^2 = \frac{3RT}{M}$। যেখানে T তাপমাত্রা ও M গ্যাসের আণবিক ভর। R ও M ধ্রুব হওয়ায় $C_{rms} \propto T$। অর্থাৎ তাপমাত্রা বাড়লে অণুর গড় বর্গবেগ বৃদ্ধি পায়। এজন্য পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধির সাথে অণুর গড় বর্গবেগও বৃদ্ধি পায়।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 25.48°C।

ঘ (26 – 24)°C বা 2°C তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য (25.21 – 22.38) বা 2.83 mmHg সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ পরিবর্তন হয়।

∴ 1°C তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য $\frac{2.83}{2} = 1.415$ mmHg সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ পরিবর্তন হয়।

'গ' হতে পাই, শিশিরাঙ্ক 25.48°C।

∴ শিশিরাঙ্কে বা 25.48°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,
$f = (22.38 + 1.415 \times 1.48) \text{ mmHg} = 24.4742 \text{ mmHg}$

আবার ঘরের মধ্যের তাপমাত্রায় অর্থাৎ 32°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, F = 35.66 mmHg

এখন,

আপেক্ষিক আর্দ্রতা $= \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{24.4742}{35.66} \times 100\% = 68.63\%$

ঐ দিন বাইরে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 80% যা ঘরের মধ্যের আপেক্ষিক আর্দ্রতা হতে বেশি। তাই ঘরের ভিতরে ভেজা কাপড় দ্রুত শুকাবে।

প্রশ্ন ▸ ২২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮

কোনো একদিন দুপুরের তাপমাত্রা 30°C এবং আর্দ্রতা 80%। হেলেন বাসায় AC চালু করায় তাপমাত্রা 21°C-এ নেমে এলো। সেদিন শিশিরাংক ছিল 9.5°C। [30°C, 21°C, 9°C ও 10°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ যথাক্রমে 28.02 mm, 20.35 mm, 8.91 mm ও 9.2 mm HgP.]

ক. শিশিরাঙ্ক কী? ১
খ. আবদ্ধ স্থানে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে শিশিরাঙ্ক কমে না বাড়ে? ব্যাখ্যা দাও। ২
গ. তাপমাত্রা নেমে আসায় বায়ুস্থ জলীয় বাষ্পের কত অংশ ঘনীভূত হয়? নির্ণয় করো। ৩
ঘ. হেলেন AC চালু করায় আরাম বোধ করবে কেন? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাই ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক।

খ শিশিরাঙ্ক হলো সেই তাপমাত্রা যে তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু এতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে যেহেতু জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় না সেহেতু আবদ্ধ স্থানে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে শিশিরাঙ্কের কোনো পরিবর্তন হবে না, শিশিরাঙ্ক একই থাকবে।

গ আমরা জানি, আপেক্ষিক আর্দ্রতা,

$R = \frac{f}{F}$
$\therefore f = R \times F$
$= 0.8 \times 28.02$
$= 22.416$ mm HgP

এখানে,
শুষ্ক বাল্বের পাঠ বা বায়ুর তাপমাত্রা = 30°C
30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ,
F = 28.02 mm HgP
আপেক্ষিক আর্দ্রতা, R = 80% = 0.8
শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, f = ?

AC চালু করার পর বায়ুর তাপমাত্রা 21°C
21°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 20.35 mm HgP
সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের পরিবর্তন = 22.416 – 20.35 = 2.066 mm HgP

আবার, $\frac{\text{জলীয় বাষ্পের ভরের পরিবর্তন}}{\text{শিশিরাঙ্কে জলীয় বাষ্পের ভর}} = \frac{\text{জলীয় বাষ্পের চাপের পরিবর্তন}}{\text{শিশিরাঙ্কে জলীয় বাষ্পের চাপ}}$

বা, $\frac{\text{ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের ভর}}{\text{দুপুরে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর}} = \frac{2.066}{22.416} = 0.0922 = 9.22\%$

সুতরাং ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ 9.22% **(Ans.)**

ঘ এসি চালু করার পরে,
তাপমাত্রা, $\theta_1 = 21°C$
শিশিরাঙ্ক = 9.5°C
আবার, 9°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 8.91 mm Hg
10C° তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 9.2 mm Hg
∴ (10 – 9)°C = 1C° তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি
= (9.2 – 8.91) mm Hg = 0.29 mm Hg
∴ 0.5C° তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি
= 0.29 × 0.5 = 0.145 mm Hg
∴ 9.5°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ,
f = (8.91 + 0.145) mm Hg = 9.055 mm Hg
এবং বায়ুর তাপমাত্রা 21°C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ,
F = 20.35 mm Hg
ঐ স্থানের পরিবর্তিত আপেক্ষিক আর্দ্রতা R হলে,

$$R = \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{9.055}{20.35} \times 100\% = 44.5\%$$

সুতরাং, এসি চালু করার পরে তাপমাত্রা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা উভয়ই হ্রাস পাওয়ায় হেলেন আরাম বোধ করবে।

প্রশ্ন ▸ ২৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮

রংপুর আবহাওয়া অফিস একদিন সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব আর্দ্রতা মাপক যন্ত্রের শুষ্ক বাল্বের পাঠ 28°C ও সিক্ত বাল্বের পাঠ 26°C পেল। 28°C তাপমাত্রায় গ্লেসিয়ারের উৎপাদক 1.65। 24°C, 25°C ও 28°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 22.38, 24.21 এবং 27.78 mm Hg P। ঐদিন বরিশালের আপেক্ষিক আর্দ্রতা ছিল 65%।

ক. শক্তির সমবিভাজন নীতি কী? ১

খ. একই তাপমাত্রায় ঢাকা অপেক্ষা কক্সবাজারে অস্বস্তিকর অনুভূত হয় কেন? ২

গ. রংপুরে ঐ দিনের শিশিরাঙ্ক কত? ৩

ঘ. রংপুর ও বরিশালের মধ্যে কোথায় ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকাবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শক্তির সমবিভাজন নীতি হলো– তাপীয় সাম্যবস্থায় আছে এমন গতীয় সিস্টেমের মোট শক্তি বিভিন্ন স্বাধীনতার মাত্রার ভেতর সমভাবে বণ্টিত হয় এবং প্রত্যেক স্বাধীনতার মাত্রা পিছু শক্তির পরিমাণ হয় $\frac{1}{2}kT$।

খ কক্সবাজারে বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেশি থাকে। তাই শরীরে সৃষ্টি হওয়া ঘামের বাষ্পায়ন কম হয়। তাই কক্সবাজারে ঘাম কম শুকাবে যাতে করে ঘাম বাষ্পায়নের জন্য শরীর থেকে তাপ কম বের হবে। অপরদিকে, ঢাকায় জলীয় বাষ্প কম থাকায় বাষ্পায়ন প্রক্রিয়া দ্রুত হবে এবং শরীর থেকে তাপ বের হয়ে যাবে। তাই একই তাপমাত্রায় ঢাকা অপেক্ষা কক্সবাজারে অস্বস্তিকর অনুভূত হয়।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 24.7°C।

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ঐ দিন বরিশালের আপেক্ষিক আর্দ্রতা ছিল 65% যা রংপুরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা থেকে কম। তাই বরিশালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকাবে।

প্রশ্ন ▸ ২৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮

নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা একটি পাত্র 20 atm চাপে 27°C তাপমাত্রায় ভর্তি করা হলো। এরপর অর্ধেক ভরের গ্যাস বের করে দেয়া হলো এবং অবশিষ্ট গ্যাসের তাপমাত্রা 87°C এ বাড়ানো হলো।

ক. পরম আর্দ্রতা কাকে বলে? ১

খ. বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেড়ে গেলে বায়ুমণ্ডলীয় চাপের কীরূপ পরিবর্তন হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রাথমিক অবস্থায় নাইট্রোজেন গ্যাসের অণুগুলোর মূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পরিবর্তিত অবস্থায় গ্যাসের চাপ পূর্বের চাপের কম না বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানের বাতাসে একক আয়তনে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে তাকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে।

খ বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেড়ে গেলে বায়ুর চাপ কমে যায়। আমরা জানি, বায়ুতে জলীয় বাষ্প থাকলে এর ঘনত্বের পরিবর্তন হয়। আর্দ্র বায়ু বা জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ুর ঘনত্ব শুষ্ক বায়ুর তুলনায় কম অর্থাৎ, বায়ুতে জলীয় বাষ্প বাড়লে এর ঘনত্ব কমে যায়। আবার, $\rho \propto P$ এখানে ρ হলো ঘনত্ব ও P হলো চাপ। সূত্রানুসারে, স্থির তাপমাত্রায় বায়ুর ঘনত্ব তার চাপের সমানুপাতিক। অর্থাৎ বায়ুতে জলীয় বাষ্প বেড়ে গেলে বায়ুর ঘনত্ব কমে, এজন্য বায়ুমণ্ডলীয় চাপও কমে যায়। কারণ, জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব বায়ুর মূল উপাদান অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ঘনত্বের চেয়ে কম।

গ

আমরা জানি,

$$C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 300}{0.028}}$$

$$= 516.948\ ms^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে, তাপমাত্রা, $T = 27°C$
$= (273 + 27)\ K = 300\ K$
নাইট্রোজেন (N_2) গ্যাসের মোলার ভর, $M = 28g = 0.028\ kg\ mol^{-1}$
সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314\ J\ mol^{-1}K^{-1}$
N_2 গ্যাসের মূল গড় বর্গবেগ, $C_{rms} = ?$

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, গ্যাসের ভর m_1, চাপ P_1, আয়তন V_1, তাপমাত্রা T_1 হলে আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ অনুযায়ী,

$P_1V_1 = n_1RT_1$

বা, $P_1V_1 = \frac{m_1}{M}RT_1$ ..... (i) [যেখানে, গ্যাসের আণবিক ভর = M]

একইভাবে, ২য় ক্ষেত্রে,
$P_2V_2 = n_2RT_2$

বা, $P_2V_2 = \frac{m_2}{M}RT_2$ ..... (ii)

এখন, (ii) ÷ (i) করে পাই,

$$\frac{P_2V_2}{P_1V_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{T_2}{T_1}$$

$$বা,\ \frac{P_2}{20} = \frac{\frac{m_1}{2}}{m_1} \times \frac{360}{300}$$

$$বা,\ \frac{P_2}{20} = \frac{360}{2 \times 300}$$

$$বা,\ P_2 = \frac{360 \times 20}{2 \times 300} = 12\ atm$$

এখানে,
গ্যাসের পূর্বের ও পরের আয়তন সমান, অর্থাৎ $V_1 = V_2$
পূর্বের ভর m_1 হলে,
নতুন ভর, $m_2 = \frac{m_1}{2}$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 27°C$
$= (273 + 27)\ K = 300\ K$
নতুন তাপমাত্রা, $T_2 = 87°C$
$= (273 + 87)\ K = 360\ K$
আদি চাপ, $P_1 = 20\ atm$
নতুন চাপ, $P_2 = ?$

দেখা যাচ্ছে, $P_2 < P_1$
সুতরাং বলা যায়, পরিবর্তিত অবস্থায় গ্যাসের চাপ পূর্বের চাপের চেয়ে কম হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৭

কোনো এলাকায় একদিন শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব হাইগ্রোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 20°C এবং 12.8°C পাওয়া গেল। 20°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক 1.79। 7°C, 8°C এবং 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 7.5×10^{-3} m Hg P, 8.1×10^{-3} m Hg P এবং 17.4×10^{-3} m Hg P।

ক. স্বাধীনতার মাত্রা কাকে বলে? ১

খ. পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের গতিশক্তি শূন্য হয়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঐদিন উক্ত এলাকায় শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ঐদিনে উক্ত এলাকার আবহাওয়া সম্পর্কে গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা বা অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

খ চার্লসের সূত্র থেকে আমরা জানি যে, 0°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন V_0 ও θ°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন V_θ হলে,

$V_\theta = V_0\left(1 + \frac{\theta}{273}\right)$। – 273°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন,

$V_{-273} = V_0\left(1 - \frac{273}{273}\right) = 0$। অর্থাৎ স্থির চাপে গ্যাসকে ঠাণ্ডা করে তার তাপমাত্রা – 273°C করলে আয়তন শূন্য হবে। কোনো কিছুর তাপমাত্রা – 273°C এর চেয়ে কম হতে পারে না। এজন্য – 273°C বা 0 K তাপমাত্রাকে পরমশূন্য তাপমাত্রা বলে। আমরা জানি, T K তাপমাত্রায় গ্যাসের গতিশক্তি $E = \frac{f}{2}nRT$। পরমশূন্য তাপমাত্রা বা T = 0 K হলে E = 0 J। অর্থাৎ পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের গতিশক্তি শূন্য হয়।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 7.112°C।

ঘ (8 – 7)°C = 1°C তাপমাত্রা পরিবর্তন এর জন্য সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপের পার্থক্য

$$= (8.1 - 7.5) \times 10^{-3} = 0.6 \times 10^{-3}\ পারদ\ চাপ।$$

112°C তাপমাত্রা পরিবর্তন এর জন্য বাষ্পচাপের বৃদ্ধি = 0.112 × 10^{-3} = 0.0672 × 10^{-3} পারদচাপ

ে, শিশিরাঙ্ক = 7.112°C ['গ' হতে]

শিরাঙ্ক 7.112°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ,

$$f = (7.5 + 0.0672) \times 10^{-3} = 7.5672 \times 10^{-3}\ mHg$$

তাপমাত্রা 20°C এ জলীয় বাষ্প চাপ, $F = 17.4 \times 10^{-3}$ mHg

রা জানি,

ক্ষিক আর্দ্রতা,

$$\frac{f}{F} \times 100\% = \frac{7.5672 \times 10^{-3}}{17.4 \times 10^{-3}} \times 100\% = 43.49\%$$

ক্ষিক আর্দ্রতা 43.49%। তাই বলা যায়, ঐ দিন ঐ স্থানের ওয়া শুষ্ক ও রৌদ্রোজ্জ্বল থাকবে।

▶২৬ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮

না একদিন কাপ্তাই হ্রদের পানির উপরিতলে বায়ুর তাপমাত্রা 28°C, মণ্ডলীয় চাপ 10^5 Pa এবং শিশিরাঙ্ক 10.5°C। হ্রদের তলদেশের র তাপমাত্রা 7°C এবং পানির গড় ঘনত্ব 1000 kgm^{-3}। ঐদিন র তলদেশ হতে একটি বায়ু বুদবুদ পানির উপরিতলে উঠে আসায় র ব্যাসার্ধ তিনগুণ হলো। [10° C, 11°C ও 28°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত চাপ যথাক্রমে 9.2, 9.9 ও 28.5 mm পারদ চাপ]

ক. গ্যাসের ক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. গ্যাসের তাপমাত্রার সাথে ঘনত্বের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঐদিন হ্রদের উপরিতলের বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তাপমাত্রার পরিবর্তন বিবেচনায় নিয়ে হ্রদটির গভীরতা নির্ণয় করা সম্ভব– গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক **বয়েলের সূত্র:** স্থির তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন এর চাপের স্তানুপাতিক।

খ আমরা জানি,

র্শ গ্যাসের সমীকরণ,

$PV = nRT$

, $PV = \frac{w}{M}RT$

, $PM = \frac{w}{V}RT$

, $PM = \rho RT.\left[\text{ঘনত্ব } \rho = \frac{w\ (\text{ভর})}{V\ (\text{আয়তন})}\right]$

, $\rho R = \frac{PM}{T}$

ই সমীকরণে একটি নির্দিষ্ট গ্যাসের জন্য মোলার ভর M ধ্রুবক। প স্থির হলে P ধ্রুবক।

$\therefore \rho \propto \frac{1}{T}$।

তরাং, গ্যাসের ঘনত্ব এর তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 33.5%।

ঘ বুদবুদটি গোলক আকৃতির হলে, এর আয়তন, $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ বা, $V \propto r^3$

, $\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3$

দের তলদেশে এর আয়তন V_1 হলে উপরিতলে বুদবুদের ব্যাসার্ধ 3 ণ ($r_2 = 3r_1$) হওয়ায় হ্রদের উপরিতলে আয়তন V_2 হবে,

$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{3r_1}{r_1}\right)^3$ বা, $\frac{V_2}{V_1} = 3^3$ $\therefore V_2 = 27V_1$।

মরা জানি,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times 27V_1}{T_2}$

বা, $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2 \times 27}{T_2}$

বা, $P_2 + h\rho g = \frac{T_1}{T_2} \times P_2 \times 27$

বা, $10^5 + h\rho g = \frac{280}{301} \times 10^5 \times 27$

এখানে,
হ্রদের উপরিতলে তাপমাত্রা,
$T_2 = 28°C = (273 + 28)\ K = 301K$
বায়ুচাপ, $P_2 = 10^5$ Pa
হ্রদের তলদেশে তাপমাত্রা,
$T_1 = 7°C = 280$ K
হ্রদের গভীরতা h হলে,
চাপ, $P_1 = P_2 + h\rho g$
ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$

বা, $h\rho g = \frac{280}{301} \times 10^5 \times 27 - 10^5$

$$\text{বা, } h = \frac{10^5\left(\frac{280}{301} \times 27 - 1\right)}{\rho g} = \frac{10^5\left(\frac{280}{301} \times 27 - 1\right)}{1000 \times 9.8}$$

$\therefore h = 246.08$ m

সুতরাং তাপমাত্রার পরিবর্তন বিবেচনায় নিয়ে হ্রদটির গভীরতা নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ২৭ সিলেট বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮

$1 \times 10^{-2}\ m^3$ আয়তনের সিলিন্ডারে 300 K তাপমাত্রায় ও 2.5×10^5 Nm^{-2} চাপে অক্সিজেন গ্যাস ভর্তি করা আছে। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে কিছু পরিমাণ অক্সিজেন ব্যবহার করার পর চাপ $1.3 \times 10^5\ Nm^{-2}$ পাওয়া গেল। অক্সিজেনের আণবিক ভর 32 $gmol^{-1}$।

ক. সরল ছন্দিত গতি কাকে বলে? ১

খ. শীতকালে দোলক ঘড়ির দোলনকাল কিরূপ হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহারের পূর্বে এর অণুগুলোর মূল গড় বর্গবেগ কত ছিল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্ণনামতে যে পরিমাণ অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়েছে তা নির্ণয় সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্পন্দনরত কোন কণার গতিপথ যদি সরলরৈখিক হয়, যে কোন মুহূর্তের ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয় অর্থাৎ ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়, তবে কণার ঐ গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

খ সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে, কোনো সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য কমে গেলে দোলনকাল কমে যায়। অর্থাৎ দোলকটি দ্রুত চলবে। দোলক ঘড়ি ধাতুর তৈরি হওয়ায় শীতকালে তাপমাত্রা হ্রাস পেলে এর দৈর্ঘ্য হ্রাস ঘটে। আর তাই, সরলদোলকের সূত্রানুযায়ী দোলনকালও কমে যায় অর্থাৎ, দোলক ঘড়ি দ্রুত চলে।

গ ২৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 483.561 ms^{-1}।

ঘ প্রথমে সিলিন্ডারে থাকা অক্সিজেনের মোলসংখ্যা n_1 হলে,

$P_1V = n_1RT$

বা, $n_1 = \frac{P_1V}{RT} = \frac{2.5 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-2}}{8.314 \times 300} = 1.002325$ mole

এখানে,
সিলিন্ডারের আয়তন, $V = 1 \times 10^{-2}\ m^3$
প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 2.5 \times 10^5\ Nm^{-2}$
পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = 1.3 \times 10^5\ Nm^{-2}$
সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, R = 8.314 $Jmol^{-1}K^{-1}$
তাপমাত্রা T = 300 K
অক্সিজেনের মোলার ভর,
$M = 32\ gmol^{-1}$

অক্সিজেন ব্যবহার করার পর অবশিষ্ট অক্সিজেনের মোলসংখ্যা n_2 হলে,

$P_2V = n_2RT$

বা, $n_2 = \frac{P_2V}{RT} = \frac{1.3 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-2}}{8.314 \times 300} = 0.52121$ mole

ব্যবহৃত অক্সিজেনের মোলসংখ্যা, $n = n_1 - n_2 = (1.002325 - 0.52121)$ mole $= 0.48112$ mole

$\therefore$ ব্যবহৃত অক্সিজেনের ভর, $W = nM = (0.48112 \times 32)$ g $= 15.39584$ g

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের বর্ণনামতে যে পরিমাণ অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়েছে তা নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ২৮ যশোর বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৭

কোনো একদিন ঢাকার তাপমাত্রা 35°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50%। একই দিনে রাজশাহীতে স্থাপিত একটি হাইগ্রোমিটারের শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ 25°C এবং সিক্ত বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ 19°C. [25° C তাপমাত্রায় G এর মান 1.65। 15°C, 16°C ও 25°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 12.77 mm, 13.71 mm, 23.7 mm পারদ]

ক. গড় মুক্তপথ কাকে বলে? ১
খ. মেঘলা রাত্রি শিশির জমার জন্য সহায়ক নয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রাজশাহীর শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন স্থানে ঐ দিন ভেজা কাপড় দ্রুত শুকাবে? গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বকে গড় মুক্তপথ বলে।

খ দিনের বেলায় সূর্যের তাপে ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বাতাস গরম থাকে এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে। মেঘহীন রাত্রিতে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে থাকে এবং পরিশেষে এমন একটি তাপমাত্রায় উপনীত হয় যখন বাতাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির জমে।

কিন্তু আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকলে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে পারে না। কারণ মেঘ তাপরোধী পদার্থ বলে ভূপৃষ্ঠ হতে বিকিরণজনিত তাপ পরিবাহিত হতে পারে না। ফলে ভূপৃষ্ঠ তথা ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ঠান্ডা হয় না বলে মেঘলা রাত্রি শিশির জমার জন্য সহায়ক নয়।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 15.1°C।

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ঢাকায় ঐ দিন ভেজা কাপড় দ্রুত শুকাবে।

প্রশ্ন ▸ ২৯ যশোর বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৮

200 gm নাইট্রোজেন গ্যাস ভর্তি একটি বেলুনকে সমুদ্রের তলদেশে নিয়ে যাওয়ায় আয়তন অর্ধেক হয়ে গেল। সমুদ্র পৃষ্ঠের চাপ 10^5 Nm^{-2} এবং তাপমাত্রা 30°C। সমুদ্রের তলদেশের তাপমাত্রা 15°C। পানির ঘনত্ব 1000 kgm^{-3}, $g = 9.8\ ms^{-2}$, $R = 8.314\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$.

ক. আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা দাও। ১
খ. আকাশ মেঘলা থাকলে শিশির পড়ে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সমুদ্র পৃষ্ঠে নাইট্রোজেনের মোট গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তাপমাত্রার পরিবর্তন বিবেচনায় সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় করা সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন হয় তাদের অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

খ দিনের বেলায় সূর্যের তাপে ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বাতাস গরম থাকে এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে। মেঘহীন রাত্রিতে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে থাকে এবং পরিশেষে এমন একটি তাপমাত্রায় উপনীত হয় যখন বাতাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির পড়ে।

কিন্তু আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকলে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে পারে না। কারণ মেঘ তাপরোধী পদার্থ বলে ভূপৃষ্ঠ হতে বিকিরণজনিত তাপ পরিবাহিত হতে পারে না। ফলে ভূপৃষ্ঠ তথা ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ঠান্ডা হয় না এবং শিশির পড়ে না।

গ আমরা জানি,
মোট গতিশক্তি,

$$E = \frac{f}{2}nRT$$

$$= \frac{f}{2}\frac{w}{M}RT$$

$$= \frac{5}{2} \times \frac{200}{28} \times 8.314 \times 303$$

$$= 44984.68\ J\ (Ans.)$$

এখানে,
নাইট্রোজেন গ্যাসের ক্ষেত্রে স্বাধীনতার মাত্রা f = 5
নাইট্রোজেন গ্যাসের আণবিক ভ
M = 28gm
নাইট্রোজেন গ্যাসের ভর,
w = 200 gm
মোলার গ্যাস ধ্রুবক।
$R = 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$
তাপমাত্রা, T = 30°C = (30 + 27
= 303K
নাইট্রোজেনের মোট গতিশক্তি, E

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** তাপমাত্রার পরিবর্তন বিবেচনায় সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় করা সম্ভব। এখানে সমুদ্রের গভীরতা হবে 9.194 m।

প্রশ্ন ▸ ৩০ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং

কোনো একটি পরীক্ষণে মিঠামইনের আবদ্ধ বায়ুর তাপমাত্রা 19°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 47%। শৈত্য প্রবাহে ঐ স্থানের তাপমাত্রা কমে 5°C হলো। 7°C, 8°C ও 19°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 7.5, 8.2 এবং 16.5 mm পারদ চাপের সমান।

ক. বাস্তব গ্যাস কী?
খ. ঠান্ডা পানির জন্য পিতলের কলসী এবং মাটির কলসীর মধ্যে কোনটি বেশি উপযোগী? ব্যাখ্যা করো।
গ. তাপমাত্রা 5°C এ নেমে গেলে ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্ণয় করো।
ঘ. তাপমাত্রা পরিবর্তনের কারণে ঐ স্থানের আবদ্ধ বায়ুর শিশিরাঙ্কের কোনো পরিবর্তন হবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে না তাই বাস্তব গ্যাস।

খ মাটির কলসের গায়ে অসংখ্য ক্ষুদ্র ছিদ্র থাকে। মাটির অণু ও পানির অণুর মধ্যকার আসঞ্জন বল পানির অণুসমূহের মধ্যকার সংশক্তি বলের তুলনায় বৃহত্তর হওয়ায় এসব সূক্ষ্ম ছিদ্রে পানি প্রবেশ করে। পানির অণুগুলো যখন বাতাসের সংস্পর্শে আসে তখন সহজেই বাষ্পীভূত হয়। বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ কলসির ভেতরের পানি হতে গ্রহণ করে কিছু পরিমাণ পানি বাষ্পীভূত হলেও কলসির অবশিষ্ট পানি অধিক ঠান্ডা থাকে। পিতলের কলসীতে কোনো ক্ষুদ্র ছিদ্র থাকে না, তাই ঠান্ডা পানির জন্য মাটির কলসী বেশি উপযোগী।

গ 19°C তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ f_1 হলে,

$$R = \frac{f_1}{F}$$

বা, $f_1 = R \times F$
$= 0.47 \times 16.5$
$= 7.755$ mmHg

এখানে,
আপেক্ষিক আর্দ্রতা, R = 47%
= 0.47
19°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, F = 16.5 mmHg

এখন, (8° – 7°) বা 1°C তাপমাত্রার পার্থক্যে জলীয় বাষ্পচাপের পরিবর্তন হয় (8.2 – 7.5) = 0.7 mmHg

∴ 2°C তাপমাত্রার পার্থক্যে জলীয় বাষ্পচাপের পরিবর্তন হয় (2 × 0.7)
= 1.4 mmHg

∴ 5°C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, $f_2 = (7.5 - 1.4)$ mmHg
$= 6.1$ mmHg

আমরা জানি, জলীয় বাষ্পের ভর এর চাপের সমানুপাতিক।

∴ 19°C এ উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর, $m_1 = f_1k$ [k = সমানুপাতিক ধ্রুবক
$= 7.755$ k g

আবার, 5°C এ উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর, $m_2 = f_2k = 6.1$ k g

সুতরাং, ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের ভর, $m = m_1 - m_2$
$= (7.755 - 6.1)$
$= 1.655$k g

∴ তাপমাত্রা 5°C এ নেমে গেলে ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ = 1.655k g [যেখানে k সমানুপাতিক ধ্রুবক] **(Ans.)**

ঘ ১৭ (ঘ) সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

▶ ৩১ ঢাকা বোর্ড ২০২১ ■ প্রশ্ন নং ৫

একটি বায়ু বুদবুদ হ্রদের তলদেশ হতে পানির উপরিপৃষ্ঠে আসলে এর আয়তন দ্বিগুণ হয়। বায়ুর চাপ = 1.01×10^5 Pa.

ক. প্রত্যায়নী বল কী? ১

খ. ঘূর্ণনক্ষম কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক বেশি হলে কি হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. হ্রদের গভীরতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি হ্রদের গভীরতা 55 mm হয় তবে 2 cm ব্যাসার্ধের বায়ু বুদবুদ হ্রদের তলদেশ হতে পৃষ্ঠে আসলে ইহার আয়তনের কি পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোন বস্তুর মাত্রা বিকৃতি ঘটানোর চেষ্টা করলে বস্তুর অভ্যন্তরে বিকৃতির বিরুদ্ধে যে বলের উদ্ভব হয়, তাই প্রত্যয়নী বল।

খ কৌণিক ভরবেগের নিত্যতা সূত্র অনুযায়ী, কোনো ঘূর্ণায়মান বস্তুর উপর টর্ক বা বলের ভ্রামক শূন্য হলে বস্তুটির মোট কৌণিক ভরবেগ অপরিবর্তিত থাকে।

আমরা জানি, কৌণিক ভরবেগ, $L = I\omega$; যেখানে, I = জড়তার ভ্রামক ω = কৌণিক বেগ

কৌণিক ভরবেগের নিত্যতা সূত্র অনুযায়ী,

L = ধ্রুবক

বা, $I\omega$ = ধ্রুবক

বা, $\omega = \frac{\text{ধ্রুবক}}{I}$

অর্থাৎ কৌণিক বেগ, জড়তার ভ্রামকের ব্যাস্তানুপাতিক।

সুতরাং ঘূর্ণনক্ষম কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক বেশি হলে, কৌণিক বেগ কমে যাবে। অর্থাৎ জড়তার ভ্রামক বেশি হলে ঘূর্ণনক্ষম বস্তুর ঘূর্ণনের প্রবণতা কমে যায়।

গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 10.306 m।

ঘ তলদেশে বুদবুদের আয়তন,

$V_1 = \frac{4}{3}\pi r^3$

$= \frac{4}{3}\pi \times (2 \times 10^{-2})^3$

$= 3.35 \times 10^{-5} \text{m}^3$

আমরা জানি,

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $(P_2 + h\rho g)\ V_1 = P_2V_2$

বা, $V_2 = \frac{(P_2 + h\rho g)V_1}{P_2}$

এখানে,

হ্রদের গভীরতা, $h = 55$ mm $= 55 \times 10^{-3}$ m

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$

বায়ুর চাপ, $P_2 = 1.01 \times 10^5$ Pa

তলদেশের চাপ, $P_1 = P_2 + h\rho g$

বুদবুদের ব্যাসার্ধ, $r = 2$ cm $= 2 \times 10^{-2}$ m

পানির উপরিপৃষ্ঠে বুদবুদের আয়তন, $V_2 = ?$

বা, $V_2 = (P_2 + h\rho g) \times \frac{V_1}{P_2}$

বা, $V_2 = (1.01 \times 10^5 + 55 \times 10^{-3} \times 1000 \times 9.8) \times \frac{3.35 \times 10^{-5}}{1.01 \times 10^5}$

$\therefore V_2 = 3.368 \times 10^{-5} \text{m}^3$

পানির তলদেশে বুদবুদটির আয়তন ছিল $3.35 \times 10^{-5} \text{m}^3$ এবং পানির উপরিপৃষ্ঠে আসলে বুদবুদটির আয়তন হবে $3.368 \times 10^{-5} \text{m}^3$.

$\therefore$ আয়তনের পরিবর্তন $= (3.368 \times 10^{-5} - 3.35 \times 10^{-5})\text{m}^3$

$= 1.8 \times 10^{-7} \text{m}^3$

সুতরাং বলা যায়, বুদবুদটির আয়তন বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ■ প্রশ্ন নং ৮

একদিন কোনো স্থানে একটি হাইগ্রোমিটার শুষ্ক ও আর্দ্র বাল্বের তাপমাত্রা যথাক্রমে 25°C ও 19°C এবং শিশিরাঙ্ক 14.77°C। 15°C, 16°C এবং 25°C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 17.54 mmHg, 19.83 mmHg এবং 25.21 mmHg চাপ।

ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? ১

খ. শীতকালে গায়ের চামড়া শুষ্ক অনুভব হয় কেন? ২

গ. গ্লেইসারের উৎপাদক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ঐ দিনে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 20% কমে গেলে শিশিরাঙ্কের কীরূপ পরিবর্তন হবে তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে, তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

খ শীতকালে বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম থাকে অর্থাৎ বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কম থাকে। তাই শরীরের চামড়ার জলীয় অংশ শুকিয়ে যায়। কোমল অংশ সব সময় ভেজা থাকে। ফলে সেখান থেকে বাষ্পায়ন বেশি হয় এবং দ্রুত শুকিয়ে যায় এবং চামড়া সংকুচিত হয়। এ কারণে শীতকালে গায়ের চামড়া শুষ্ক অনুভব হয়।

গ

আমরা জানি,

$\theta_1 - \theta = G(\theta_1 - \theta_2)$

বা, $G = \frac{\theta_1 - \theta}{\theta_1 - \theta_2}$

বা, $G = \frac{25 - 14.77}{25 - 19}$

$\therefore G = 1.705$ (Ans.)

এখানে,

শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা, $\theta_1 = 25°\text{C}$

আর্দ্র বাল্বের তাপমাত্রা, $\theta_2 = 19°\text{C}$

শিশিরাঙ্ক, $\theta = 14.77°\text{C}$

গ্লেইসারের উৎপাদক, $G = ?$

ঘ এখানে,

25°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ 25.21 mmHg চাপ।

16°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ 19.83 mmHg চাপ

15°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ 17.54 mmHg চাপ

$\therefore$ (16 – 15)°C বা 1°C তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য জলীয় বাষ্পচাপ পরিবর্তন হয় (19.83 – 17.54) mmHg চাপ = 2.29 mmHg চাপ

সুতরাং, (15°C – 14.77°C) বা 0.23°C তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য জলীয় বাষ্পচাপ পরিবর্তন হয় (2.29 × 0.23) mmHg চাপ

= 0.5267 mmHg চাপ

সুতরাং শিশিরাঙ্কে অর্থাৎ 14.77°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ (17.54 – 0.5267) mmHg চাপ = 17.0133 mmHg চাপ

সুতরাং,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ}} \times 100\%$$

$$= \frac{17.0133}{25.21} \times 100\% \quad [\text{বায়ুর তাপমাত্রা ছিল } 25°\text{C}]$$

$$= 67.49\%$$

আপেক্ষিক আর্দ্রতা 20% কমে গেলে হবে = (67.49 – 20)% = 47.49%

তখন,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ}} \times 100\%$$

$$\text{বা, } 47.49\% = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ}}{25.21} \times 100\%$$

$\therefore$ শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পচাপ = 11.972 mmHg চাপ

এখন,

2.29 mmHg চাপ পরিবর্তনের জন্য তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় 1°C

$\therefore$ (17.54 – 11.972) mmHg চাপ বা 5.568 mmHg চাপ পরিবর্তনের জন্য তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় $\left(\frac{1}{2.29} \times 5.568\right)^{\circ}\text{C} = 2.43°\text{C}$

$\therefore$ নতুন শিশিরাঙ্ক $= (15 - 2.43)°\text{C} = 12.57°\text{C}$

$\therefore$ শিশিরাঙ্কের পরিবর্তন হবে $= (14.77 - 12.57)°\text{C} = 2.2°\text{C}$

অতএব ঐ দিনে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 20% কমে গেলে শিশিরাঙ্ক 2.2°C কমে যাবে।

প্রশ্ন ▸ ৩৩ বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▮ প্রশ্ন নং ৫

A ও B দুটি হ্রদের তলদেশ থেকে একটি বায়ু বুদবুদ পানির উপরিতলে উঠলে এর আয়তন চারগুণ হয়। A ও B হ্রদের পানির ঘনত্ব যথাক্রমে 1000 kgm^{-3} ও 1100 kgm^{-3}। বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 Pa।

ক. সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 40% বলতে কী বুঝায়? ২

গ. A হ্রদের তলদেশে চাপ কত? ৩

ঘ. A ও B হ্রদের মধ্যে কোনটির গভীরতা বেশি তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ধারণ কর। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিরচাপে একমোল পরিমাণ কোন আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে সম্পন্ন কাজের পরিমাণকে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলে।

খ কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 40% বলতে বোঝা যায়, বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প প্রয়োজন তার শতকরা 40 ভাগ জলীয় বাষ্প ঐ স্থানের বায়ুতে আছে।

গ আমরা জানি,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

বা, $P_1 = \frac{P_2V_2}{V_1} = \frac{P_2 \times 4V_1}{V_1}$

$= 4P_2 = 4 \times 10^5$ Pa **(Ans.)**

ধরা যাক,
হ্রদের তলদেশে চাপ,
P_1 এবং বুদবুদের আয়তন V_1
এখানে,
হ্রদের উপরিতলে চাপ,
P_2 = বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = 10^5 Pa
হ্রদের উপরিতলে বুদবুদের আয়তন, $V_2 = 4V_1$

ঘ A হ্রদের ক্ষেত্রে,

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $P_1V_1 = (P_1 + h_A\rho g)\, V_2$

বা, $P_1V_1 = P_1V_2 + h_A\rho g\, V_2$

বা, $h_A\rho g\, V_2 = P_1V_1 - P_1V_2$

বা, $h_A = \frac{P_1V_1 - P_1V_2}{\rho g\, V_2}$

বা, $h_A = \frac{P_1(V_1 - V_2)}{\rho g\, V_2}$

$= \frac{10^5 \times (4V_2 - V_2)}{1000 \times 9.8 \times V_2}$

$= 30.61$ m

∴ A হ্রদের গভীরতা 30.61 m.

এখানে,
বায়ুমণ্ডলের চাপ, $P_1 = 10^5$ Pa
প্রারম্ভিক আয়তন = V_2
শেষ আয়তন $V_1 = 4V_1$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
হ্রদের তলদেশে চাপ,
$P_2 = P_1 + h\rho g$
হ্রদের গভীরতা, h_A = ?

অনুরূপভাবে,
B হ্রদের ক্ষেত্রে,

$h_B = \frac{P_1(V_1 - V_2)}{\rho g V_2}$

$= \frac{10^5 \times (4V_2 - V_2)}{1100 \times 9.8 \times V_2}$

$= \frac{10^5 \times 3V_2}{1100 \times 9.8 \times V_2}$

$= 27.83$ m

এখানে,
বায়ুমণ্ডলের চাপ, $P_1 = 10^5$ Pa
প্রারম্ভিক আয়তন = V_2
শেষ আয়তন, $V_1 = 4V_2$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1100\ kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
হ্রদের তলদেশে চাপ,
$P_2 = P_1 + h\rho g$
হ্রদের গভীরতা, h_B = ?

∴ B হ্রদের গভীরতা 27.83 m

এখানে, $h_A > h_B$

অতএব, A ও B হ্রদের মধ্যে A হ্রদের গভীরতা বেশি।

প্রশ্ন ▸ ৩৪ রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ২

একটি হ্রদের তলদেশ ও পৃষ্ঠের পানির তাপমাত্রা যথাক্রমে 8°C ও 30°C। 2 L আয়তনবিশিষ্ট একটি বায়ুপূর্ণ বেলুন হ্রদের তলদেশ হতে ছেড়ে দেয়া হল। বেলুনটির সর্বোচ্চ প্রসারণ সক্ষমতা 15 L। হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ $10^5\ Nm^{-2}$, হ্রদের গভীরতা 15 m এবং পানির ঘনত্ব 1000 kgm^{-3}।

ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? ১

খ. বোল্টজম্যান ধ্রুবক $k = 1.38 \times 10^{-23}$J/K বলতে কী বোঝায়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বেলুনে আবদ্ধ বায়ুর অণুসমূহের গতিশক্তির পরিবর্তন নি করো।

ঘ. বেলুনটি হ্রদের পৃষ্ঠে এসে বিস্ফোরিত হওয়ার সম্ভ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূ মেনে চলে, তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

খ বোল্টজম্যান ধ্রুবক $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K বলতে বুঝায়, স্থি তাপমাত্রা ও চাপে একটি আদর্শ গ্যাস অণুর তাপমাত্রা 1K বাড়া 1.38×10^{-23}J তাপের প্রয়োজন হয়।

গ পাত্রের তলদেশে চাপ,

$P = P_0 + h\rho g$

$= (10^5 + 15 \times 1000 \times 9.8)$ Pa

$= 2.47 \times 10^5$ Pa

এখন, $PV = nRT_1$

বা, $n = \frac{PV}{RT_1}$

$= \frac{2.47 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}}{8.314 \times 281}$

$= 0.2115$ mol

∴ সুতরাং বেলুনে আবদ্ধ বায়ুর গতিশক্তির পরিবর্তন,

$\Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1}$

এখানে,
হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ুর চাপ,
$P_0 = 10^5$ Pa
হ্রদের গভীরতা, h = 15 m
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$
হ্রদের তলদেশে বেলুনের আয়তন,
$V = 2\ L = 2 \times 10^{-3} m^3$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 8°C$
$= (273 + 8)$ K = 281 K
গ্যাসের মোল সংখ্যা, n = ?
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 30°C$
$= (273 + 30)$ K = 303 K

$= \frac{3}{2}nRT_2 - \frac{3}{2}nRT_1$

$= \frac{3}{2}nR\,(T_2 - T_1)$

$= \frac{3}{2} \times 0.2115 \times 8.314 \times (303 - 281) = 58.03$ J **(Ans.)**

ঘ মনে করি,

h গভীরতায় চাপ = P_1 এবং হ্রদের পৃষ্ঠে আয়তন = V_2।

আমরা জানি,

$P_1 = P_2 + h\rho g$

আবার,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

বা, $V_2 = \frac{P_1V_1}{T_1} \times \frac{T_2}{P_2}$

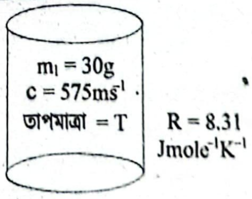
$= \frac{(P_2 + h\rho g) \times V_1T_2}{T_1P_2}$

এখানে,
হ্রদের গভীরতা, h = 15 m
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.81\ ms^{-2}$
পানির তলদেশে আয়তন, $V_1 = 2$ L
পানির পৃষ্ঠে চাপ, $P_2 = 10^5\ Nm^{-2}$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 281$ K
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 303$ K

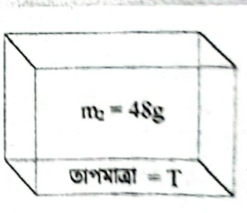
$= \frac{(10^5 + 15 \times 1000 \times 9.81) \times 2 \times 303}{281 \times 10^5} = 5.33$ L

দেওয়া আছে, বেলুনটির সর্বোচ্চ প্রসারণ সক্ষমতা 15 L। সুত বেলুনটি হ্রদের পৃষ্ঠে এসে বিস্ফোরিত হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৩৫ যশোর বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং



চিত্র-১: নাইট্রোজেন গ্যাস



চিত্র-২: কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস

ক. বয়েলের সূত্রটি বিবৃত করো।

খ. স্থির তাপমাত্রায় একটি আদর্শ গ্যাসের PV বনাম P প্রকৃতি কীরূপ হবে ব্যাখ্যা করো।

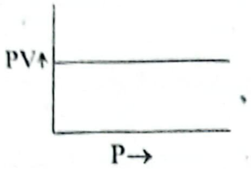
গ. সিলিন্ডারে রক্ষিত গ্যাসের তাপমাত্রা নির্ণয় করো।

ঘ. কোন পাত্রের গ্যাসের গতিশক্তি বেশি – গাণিতিক বিশ্লে সাহায্যে নির্ণয় করো।

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বয়েলের সূত্রটি হলো— স্থির তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন এর চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

খ স্থির তাপমাত্রায় একটি আদর্শ গ্যাসের PV বনাম P গ্রাফটি নিচে আঁকা হলো—



এখানে, দেখা যাচ্ছে যে, গ্রাফের ঢাল শূন্য। অর্থাৎ এ থেকে বুঝা যায়, আমরা গ্যাসের চাপ যতই বাড়াই না কেন, আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন এমনভাবে কমে প্রশমিত হবে যেন চাপ P ও আয়তন V এর গুণফল PV এর মান সর্বদা একই থাকে।

গ আমরা জানি,

$$c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

বা, $c^2 = \frac{3RT}{M}$

বা, $T = \frac{c^2M}{3R}$

$$= \frac{(575)^2 \times 28 \times 10^{-3}}{3 \times 8.31} \text{ K}$$

$= 371.34$ K **(Ans.)**

এখানে,
বেগ, $c = 575 \text{ ms}^{-1}$
আদর্শ গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
নাইট্রোজেন গ্যাসের মোলার ভর,
$M = 28 \times 10^{-3} \text{ kgmol}^{-1}$
তাপমাত্রা, $T = ?$

ঘ ১ম পাত্রের ক্ষেত্রে—

আমরা জানি,

$$E_1 = \frac{3}{2} n_1 RT$$

$$= \frac{3}{2} \times \frac{15}{14} \times 8.31 \times 371.34 \text{ J}$$

$= 4959.38$ J

এখানে,
মোল সংখ্যা, $n_1 = \frac{30}{28} = \frac{15}{14}$ mol
আদর্শ গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
তাপমাত্রা, $T = 371.34$ K ['গ' হতে]
(রৈখিক) গতিশক্তি, $E_1 = ?$

২য় পাত্রের ক্ষেত্রে—

আমরা জানি,

$$E_2 = \frac{3}{2} n_2 RT$$

$$= \frac{3}{2} \times \frac{48}{44} \times 8.31 \times 371.34 \text{ J}$$

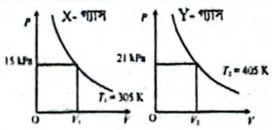
$= 5049.59$ J

এখানে,
মোল সংখ্যা, $n_2 = \frac{48}{44}$
তাপমাত্রা, $T = 371.34$ K
(রৈখিক) গতিশক্তি, $E_2 = ?$

লক্ষ্য করি, $E_2 > E_1$

সুতরাং, ২য় পাত্রের কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাসের অণুসমূহের মোট গতিশক্তি বেশি।

প্রশ্ন ▸ ৩৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৬



দুটি ভিন্ন পাত্রে সংরক্ষিত 325 gm এবং 288 gm ভরের 10 mole করে যথাক্রমে X গ্যাস ও Y গ্যাস এর জন্য দুটি P – V লেখ অংকিত আছে।

ক. আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা লেখো। ১
খ. কুষ্টিয়ায় কোনো একদিন সন্ধ্যায় শিশিরাংক 15°C বলতে কি বুঝ? ২
গ. উদ্দীপক অনুযায়ী গ্যাসদ্বয়ের আয়তনের তুলনা ($V_1 : V_2$) করো। ৩
ঘ. পাত্র দুটির মুখ একই সময়ে খুলে দিলে কোন্ পাত্রটি আগে খালি হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভরের অনুপাতকে ঐ স্থানের অপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

খ কুষ্টিয়ায় কোন একদিন সন্ধ্যায় শিশিরাঙ্ক 15°C বলতে বুঝায়, ঐ স্থানে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা 15°C তাপমাত্রায় উক্ত স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হবে এবং তা ঘনীভূত হয়ে শিশির জমতে শুরু করবে।

গ দেওয়া আছে,

প্রথম পাত্রে,
গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1 = 305$ K
গ্যাসের চাপ, $P_1 = 15$ kPa
আয়তন = V_1

দ্বিতীয় পাত্রে,
গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = 405$ K
গ্যাসের চাপ, $P_2 = 21$ kPa
আয়তন = V_2

আমরা জানি,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \quad [\because \text{ মোলসংখ্যা সমান}]$$

বা, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2T_1}{P_1T_2}$

বা, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{21 \times 305}{15 \times 405}$

$\therefore$ $V_1 : V_2 = 427 : 405$ **(Ans.)**

ঘ

X গ্যাসের আণবিক ভর M_1 হলে,

$$n_1 = \frac{W_1}{M_1}$$

বা, $M_1 = \frac{W_1}{n_1}$

বা, $M_1 = \frac{325}{10} = 32.5 \text{ gm mol}^{-1}$

$= 32.5 \times 10^{-3} \text{ kgmol}^{-1}$

X গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ,

$$C_{rms_1} = \sqrt{\frac{3RT_1}{M_1}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 305}{32.5 \times 10^{-3}}} = 483.81 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,
X গ্যাসের ভর, $W_1 = 325$ g
Y গ্যাসের ভর, $W_2 = 288$ g
X গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_1 = 305$K
Y গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = 405$K
উভয় গ্যাসের মোলসংখ্যা,
$n_1 = n_2 = 10$ mol
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Y গ্যাসের আণবিক ভর M_2 হলে,

$$n_2 = \frac{W_2}{M_2}$$

বা, $M_2 = \frac{W_2}{n_2} = \frac{288}{10} = 28.8 \text{ gm mol}^{-1} = 28.8 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}$

Y গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ,

$$C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT_2}{M_2}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 405}{28.8 \times 10^{-3}}} = 592.24 \text{ ms}^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে, $C_{rms_1} < C_{rms_2}$

যেহেতু Y গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ X গ্যাস থেকে বেশি, তাই Y গ্যাস পাত্রটি আগে খালি হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩৭ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ▌প্রশ্ন নং ৬

রনি ও মনি একটি ল্যাবরেটরিতে হাইগ্রোমিটার ও থার্মোমিটার দিয়ে যথাক্রমে শিশিরাংক 10.5°C ও বাতাসের তাপমাত্রা পেল 19.4°C। তারা রেনোর তালিকা হতে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপও খুঁজে পেল। তারা তাদের পরীক্ষার ফলাফল তাদের শিক্ষকের কাছে দেখাল।

তাপমাত্রা °C	চাপ mm HgP	তাপমাত্রা °C	চাপ mm HgP
10	9.2	19	16.5
11	9.9	20	17.7

ক. স্বাধীনতার মাত্রা কাকে বলে? ১
খ. G কে সার্বজনীন ধ্রুবক বলা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উপরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা ব্যবহার করে শুষ্ক বাতাসের চাপ নির্ণয় করা সম্ভব কি? যদি বাতাসের চাপ 756 mmHg P হয়। বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা বা অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

খ একক ভরের দুটি বস্তু কণার মধ্যবর্তী দূরত্ব 1m হলে কণা দুটি পরস্পরকে যে বলে আকর্ষণ করে তার মানকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে। যেহেতু বস্তু কণাদ্বয়ের মধ্যে মহাকর্ষীয় বল কণা দুটির মধ্যে কোন মাধ্যমের উপস্থিতি অথবা প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না এবং এই বল কণা দুটির প্রকৃতি, রাসায়নিক গঠন বা উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল নয়। এ সকল কারণে G-কে সার্বজনীন ধ্রুবক বলা হয়।

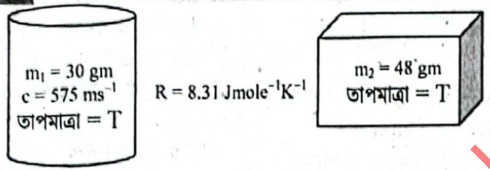
গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** আপেক্ষিক আর্দ্রতা 56.24%।

ঘ আমরা জানি,
$P_{atm} = P_{dry} + f$
'গ' হতে প্রাপ্ত,
শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ = বায়ুর তাপমাত্রায় বাষ্পচাপ,
$f = 9.55$ mm Hg

এখানে,
বায়ুমণ্ডলের চাপ,
$P_{atm} = 756$ mm Hg
জলীয় বাষ্পের চাপ, $P_{dry} = ?$
জলীয় বাষ্পের চাপ, $f = ?$

সুতরাং, $P_{dry} = P_{atm} - f = (756 - 9.55)$ mm Hg
$\therefore P_{dry} = 746.45$ mm Hg
অতএব, আপেক্ষিক আর্দ্রতা ব্যবহার করে শুষ্ক বাতাসের চাপ নির্ণয় করা সম্ভব। সেক্ষেত্রে এর মান হবে 746.45 mm Hg।

প্রশ্ন ▸ ৩৮ ময়মনসিংহ গার্লস ক্যাডেট কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৭



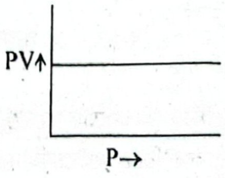
চিত্র-A: নাইট্রোজেন গ্যাস   চিত্র-B: কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস

ক. আদর্শ চাপ কী? ১
খ. স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের জন্য PV বনাম P লেখচিত্র ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সিলিন্ডারে আবদ্ধ গ্যাসের তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. দুইটি পাত্রে রক্ষিত গ্যাসের গড় গতিশক্তি গাণিতিকভাবে তুলনা করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমুদ্র পৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে 0°C তাপমাত্রায় 760 mm বিশুদ্ধ পারদ স্তম্ভের চাপই আদর্শ চাপ।

খ স্থির তাপমাত্রায় একটি আদর্শ গ্যাসের PV বনাম P গ্রাফটি নিচে আঁকা হলো–



এখানে, দেখা যাচ্ছে যে, গ্রাফের ঢাল শূন্য। অর্থাৎ এ থেকে বুঝা যায়, আমরা গ্যাসের চাপ যতই বাড়াই না কেন, আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন এমনভাবে কমে যাবে যেন PV এর মান একই থাকে।

গ ৩৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১ম পাত্রের ক্ষেত্রে–
আমরা জানি,
$E_1 = \frac{5}{2} n_1 RT$
$= \frac{5}{2} \times \frac{15}{14} \times 8.31 \times 371.34$ J
$= 8265.63$ J

এখানে,
মোল সংখ্যা, $n_1 = \frac{30}{28} = \frac{15}{14}$ mol
আদর্শ গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31$ Jmol^{-1}K^{-1}
তাপমাত্রা, $T = 371.34$ K ['গ' হতে]
গড় গতিশক্তি, $E_1 = ?$

২য় পাত্রের ক্ষেত্রে–
আমরা জানি,
$E_2 = \frac{5}{2} n_2 RT$
$= \frac{5}{2} \times \frac{48}{44} \times 8.31 \times 371.34$ J
$= 8415.91$ J

এখানে,
মোল সংখ্যা, $n_2 = \frac{48}{44}$
তাপমাত্রা, $T = 371.34$ K
গড় গতিশক্তি, $E_2 = ?$

লক্ষ্য করি, $E_2 > E_1$
সুতরাং, ২য় পাত্রের কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাসের অণুসমূহের গতিশক্তি বেশি।

প্রশ্ন ▸ ৩৯ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌ প্রশ্ন

একটি বেলুনের আয়তন দুটি হ্রদ P ও Q এর তলদেশ থেকে উপরের পৃষ্ঠে আসে তখন 5 গুণ হয়। P ও Q হ্রদের পানির যথাক্রমে 1000 kgm^{-3} ও 1100 kgm^{-3}। পানি পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলীয় 10^5 Pa।

ক. আদর্শ গ্যাস কী?
খ. গ্যাসের তাপমাত্রার সাপেক্ষে ঘনত্বের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো।
গ. P হ্রদের তলদেশে চাপ নির্ণয় করো।
ঘ. P ও Q হ্রদের মধ্যে কোনটির গভীরতা বেশি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের মেনে চলে, সেসব গ্যাসই হলো আদর্শ গ্যাস।

খ ধরি, কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ভর m, স্থির চাপে T_1 পরম তাপমাত্রায় আয়তন V_1 ও ঘনত্ব ρ_1 এবং T_2 পরম তাপমাত্রায় আয়তন V_2 ও ঘনত্ব ρ_2।

এখন, ঘনত্বের সূত্রানুসারে, আয়তন $V_1 = \frac{m}{\rho_1}$ এবং $V_2 = \frac{m}{\rho_2}$

চার্লসের সূত্রানুসারে, আমরা পাই,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$
$$\therefore \frac{m}{\rho_1 T_1} = \frac{m}{\rho_2 T_2}$$
বা, $\rho_1 T_1 = \rho_2 T_2$
$\therefore \rho_1 T_1 =$ ধ্রুবক

অর্থাৎ, $\rho \propto \frac{1}{T}$; যখন চাপ ও ভর স্থির থাকে।

অর্থাৎ কোনো গ্যাসের ঘনত্ব তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক।

গ ৩৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5×10^5 Pa।

ঘ ৩৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** P হ্রদের গভীরতা hp = 40.82 m ও Q হ্রদের গভীরত hQ = 37.11 m।

অতএব, P ও Q হ্রদের মধ্যে P হ্রদের গভীরতা বেশি।

প্রশ্ন ▸ ৪০ পাবনা ক্যাডেট কলেজ ▌ প্রশ্ন নং

একটি 1L এর কন্টেইনারে 10^{25} অক্সিজেন অণু রাখা হলো। অক্সিজেন অণুর ভর 5.3×10^{-23} gm যেখানে প্রতি অণুর ব্যাস 2Å ও rms বেগ 9×10^4 cms^{-1}।

ক. স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কী?
খ. ভেক্টরের ডাইভারজেন্স সব সময় স্কেলার, ব্যাখ্যা করো।
গ. গ্যাসের চাপ নির্ণয় করো।
ঘ. ম্যাক্সওয়েল ও বোল্টজম্যানের মধ্যে প্রতি সেকেন্ডে সংঘর্ষ সংখ্যা কোন ক্ষেত্রে বেশি হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যেও কোনো বস্তুতে বা তারে অনেকক্ষণ যাবৎ পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধি, করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্মের অবনতি ঘটে; তখন অসহ ভার অপেক্ষা কম ভারে তারটি বা বস্তুটি ছিঁড়ে যেতে পারে। বস্তু বা তারের এ অবস্থাই হলো স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি।

দি কোনো স্থানের একটি এলাকায় প্রতিটি বিন্দুতে $\vec{V}(x,y,z) =$ $_x + \hat{j}V_y + \hat{k}V_z$ কে একটি অন্তরীকরণযোগ্য রাশি হিসেবে সংজ্ঞায়িত হয় তাহলে $\vec{V}$ এর ডাইভারজেন্স (div $\vec{V}$) বা $\vec{\nabla}.\vec{V}$ এর সংজ্ঞা

$$\vec{\nabla}.\vec{V} = \left(\hat{i}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial}{\partial z}\right).(\hat{i}V_x + \hat{j}V_y + \hat{k}V_z)$$

$$= \frac{\partial}{\partial x}V_x + \frac{\partial}{\partial Y}V_y + \frac{\partial}{\partial z}V_z$$

নে ডাইভারজেন্স $\vec{V}$ হচ্ছে $\vec{\nabla}$ ও $\vec{V}$ এর ডট বা স্কেলার গুণফল। গুণফল সব সময় একটি স্কেলার রাশি হয়। সুতরাং ভেক্টরের ইভারজেন্স সব সময় স্কেলার।

অক্সিজেনের আণবিক ভর,

$M = m \times NA = 5.3 \times 10^{-23} \times 6.023 \times 10^{23} = 32g = 32 \times 10^{-3}$ kg

মরা জানি,

$$C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$\text{বা, } T = \frac{M \times C^2_{rms}}{3R}$$

$$= \frac{32 \times 10^{-3} \times (900)^2}{3 \times 8.314}$$

$= 1039.21$ K

এখানে,

$C_{rms} = 9 \times 10^4$ cm s^{-1}

$= 900$ ms^{-1}

অক্সিজেনের অণুর ভর,

$m = 5.3 \times 10^{-23}$gm

অণুর সংখ্যা, $N = 10^{25}$

অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা,

$N_A = 6.023 \times 10^{23}$

আয়তন, $V = 1L$

$= 1 \times 10^{-3}$ m^3

মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314$ $Jmol^{-1} K^{-1}$

াপ P হলে,

$PV = nRT$

$$\text{বা, } P = \frac{N \times RT}{N_A \times V} = \frac{10^{25} \times 8.314 \times 1039.21}{6.023 \times 10^{23} \times 1 \times 10^{-3}}$$

$= 1.43 \times 10^8$ Pa **(Ans.)**

ঘ ম্যাক্সওয়েলের সমীকরণ অনুযায়ী

গড়মুক্ত পথ, $\lambda_M = \frac{1}{\sqrt{2}\, n\, \pi\sigma^2}$

$$= \frac{1}{\sqrt{2} \times 10^{28} \times \pi \times (2 \times 10^{-10})^2}$$

$= 5.627 \times 10^{-10}$m

বোল্টজম্যানের সমীকরণ অনুযায়ী

গড়মুক্ত পথ,

$$\lambda_b = \frac{1}{4n\pi\sigma^2}$$

$$= \frac{1}{4 \times 10^{28} \times \pi \times (2 \times 10^{-10})^2}$$

$= 1.989 \times 10^{-10}$ m

এখানে,

আয়তন, $V = 1L = 1 \times 10^{-3}$ m^3

অণুর ব্যাস, $\sigma = 2Å = 2 \times 10^{-10}$ m

RMS বেগ,

$C_{rms} = 9 \times 10^4$ $cms^{-1} = 900$ ms^{-1}

অণুর সংখ্যা, $N = 10^{25}$

সুতরাং একক আয়তনে অণুর সংখ্যা, $n = \frac{N}{V}$

$= \frac{10^{25}}{10^{-3}} = 10^{28}$ $/m^3$

সময়, T = 1 sec

1 sec অতিক্রান্ত পথের দৈর্ঘ্য $l = C_{rms} \times t$

$= 900 \times 1 = 900$ m

ম্যাক্সওয়েল ও বোল্টজম্যানের সমীকরণ অনুযায়ী প্রতি সেকেন্ডে সংঘর্ষ সংখ্যা যথাক্রমে N_M ও N_b হলে,

$$N_M = \frac{l}{\lambda_M} = \frac{900}{5.627 \times 10^{-10}}$$

$= 1.599 \times 10^{12}$

$$N_b = \frac{l}{\lambda_b} = \frac{900}{1.989 \times 10^{-10}} = 4.524 \times 10^{12}$$

এখানে, $N_b > N_M$

সুতরাং ম্যাক্সওয়েল ও বোল্টজম্যানের মধ্যে প্রতি সেকেন্ডে সংঘর্ষের সংখ্যা বোল্টজম্যানের ক্ষেত্রে বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪১ পাবনা ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন নং ৫

একটি বায়ু বুদবুদের আয়তন 5 গুণ হয় যখন এটি 60m গভীরতার হ্রদের নিচের পৃষ্ঠ থেকে উপরের পৃষ্ঠে আসে। ঐ দিন বাতাসের তাপমাত্রা ছিল 26°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60%। 20°C, 22°C, ও 26°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 17.54, 19.8 ও 25.21 mmHg। [বায়ুর চাপ 10^5 Pa]

ক. শক্তির সমবিভাজন কী? ১

খ. গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঐ দিনের শিশিরাংক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বায়ু বুদবুদটির হ্রদের পৃষ্ঠের ও তলদেশে rms বেগ ও গতিশক্তির তুলনা করো এবং তোমার উত্তরের উপর মতামত দাও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপীয় সাম্যবস্থায় আছে এমন গতীয় সিস্টেমের মোট শক্তি বিভিন্ন স্বাধীনতার মাত্রার ভেতর সমভাবে বণ্টিত হওয়াই শক্তির সমবিভাজন।

খ গ্যাস ও বাষ্পের পার্থক্য হলো:

গ্যাস	বাষ্প
i. শুধু চাপ প্রয়োগে তরলে পরিণত করা যায় না।	i. শুধু চাপ প্রয়োগে তরলে পরিণত করা যায়।
ii. কক্ষ তাপমাত্রায় থাকা গ্যাসকে তরলে পরিণত করার জন্য চাপ প্রয়োগের সাথে সাথে তাপমাত্রাও হ্রাস করতে হয়। উদাহরণ: অক্সিজেন।	ii. বেশিরভাগ বাষ্প কক্ষ তাপমাত্রায় তরল অবস্থায় থাকে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর অনুরূপ। **উত্তর:** 17.86°C

ঘ

হ্রদের তলদেশের চাপ P_2 হলে,

$P_2 = P_1 + h\rho g$

$= 10^5 + 60 \times 1000 \times 9.8$

$= 6.88 \times 10^5$ Pa.

আমরা জানি,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } T_2 = \frac{P_2V_2T_1}{P_1V_1}$$

$$= \frac{6.88 \times 10^5 \times V \times 299}{10^5 \times 5V}$$

$= 411.424$ K

এখানে,

বায়ুর চাপ, $P_1 = 10^5$ Pa

হ্রদের গভীরতা $h = 60m$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ ms^{-2}

পানির ঘনত্ব, $\rho = 100$ kgm^{-3}

হ্রদের পৃষ্ঠে তাপমাত্রা

$T_1 = 26°C = (26 + 273)K$

$= 299$ K

ধরি,

হ্রদের পৃষ্ঠে বুদবুদের আয়তন $V_1 = 5$ V ও হ্রদের তলদেশে আয়তন, $V_2 = V$

হ্রদের তলদেশে তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

বায়ুর আণবিক ভর M ও মোল সংখ্যা n হলে,

হ্রদের পৃষ্ঠে, $(C_{rms})_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{M}}$

এবং হ্রদের তলদেশে $(C_{rms})_2 = \sqrt{\frac{3RT_2}{M}}$

$$\frac{(C_{rms})_2}{(C_{rms})_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \text{বা, } (C_{rms})_2 = \sqrt{\frac{411.424}{299}} \times (C_{rms})_1$$

বা, $(C_{rms})_2 = 1.17\, (C_{rms})_1$

এখানে, $(C_{rms})_2 > (C_{rms})_1$

আবার,

হ্রদের পৃষ্ঠে গতিশক্তি $E_{k1} = \frac{3}{2}nRT_1$

এবং হ্রদের তলদেশে গতিশক্তি, $E_{k2} = \frac{3}{2}nRT_2$

সুতরাং $\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{411.424}{299}$

বা, $E_{k2} = 1.376\, E_{k1}$

অর্থাৎ, $E_{k2} > E_{k1}$

সুতরাং বায়ু বুদবুদটির হ্রদের তলদেশে rms বেগ ও গতিশক্তি, হ্রদের পৃষ্ঠে rms বেগ ও গতিশক্তির চেয়ে বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪২ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৬

একজন আবহাওয়াবিদ প্রতিদিনের আবহাওয়ার প্রতিবেদন তৈরির জন্য একটি নির্দিষ্ট দিনে খুলনা ও দিনাজপুরে স্থাপিত আর্দ্র ও শুষ্ক বাল্ব আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের পাঠ সংগ্রহ করে।

স্থান	আর্দ্র বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ	শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ	বায়ুর তাপমাত্রায় গ্লেসিয়ার উৎপাদক
খুলনা	20.6°C	28.6°C	1.66
দিনাজপুর	22°C	32.6°C	1.62

14°C, 16°C, 28°C, 30°C ও 32°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 11.99, 13.63, 28.35, 31.83, 35.66 ও 39.9 mmHg

ক. শিশিরাঙ্ক কাকে বলে? ১

খ. পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ বৃদ্ধি পায় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঐ দিন খুলনার শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের প্রদত্ত তথ্যানুসারে কোথায় একজন ব্যক্তি বেশি আরামবোধ করবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু এর মধ্যে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে।

খ কোনো সময় কোনো স্থানের একক আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প থাকে, তাকে বায়ুর ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে। পরম আর্দ্রতা তখনই বৃদ্ধি পায় যখন বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কারণ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে জলীয়বাষ্প ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। ফলে পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধি পায়।

আবার, অণুর গড় বর্গবেগ, $c_{ms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$। যেখানে T তাপমাত্রা ও M গ্যাসের আণবিক ভর। R ও M ধ্রুব হওয়ায় $C_{rms} \propto T$। অর্থাৎ, তাপমাত্রা বাড়লে অণুর গড় বর্গবেগ বৃদ্ধি পায়। এজন্য পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধির সাথে অণুর গড় বর্গবেগও বৃদ্ধি পায়।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 15.32°C

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** দিনাজপুরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 30.7% এবং খুলনার 44.47%। কিন্তু দিনাজপুরের আর্দ্রতা অতিরিক্ত কম হওয়ায় সেটি বেশি শুষ্ক হবে। ফলে খুলনায় একজন ব্যক্তি অধিকতর আরামবোধ করবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৩ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ২

একটি বেলুনে 30°C তাপমাত্রা ও 2 বায়ুমন্ডলীয় চাপে 20 gm অক্সিজেন গ্যাস আছে। 1 মোল অক্সিজেন ভর 32 gm। অন্যদিকে একটি পুকুর A এর উপরের পৃষ্ঠে বায়ুমন্ডলীয় চাপ হলো 1.5 atm, পানির ঘনত্ব 1050 kgm^{-3} এবং পুকুরের গভীরতা 20m। অন্যদিকে B পুকুরের উপরের পৃষ্ঠে চাপ 1.2 atm, ঘনত্ব 1000 kgm^{-3} এবং গভীরতা 25m। ($1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5$ pa, $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)

ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? ১

খ. ঘূর্ণায়মান কোনো বস্তুর কৌণিক বেগ দ্বিগুণ হলে এ অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটি ঘূর্ণন গতিশক্তি কতগুণ হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে বেলুনের মধ্যকার গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গ্যাস বেলুনটির আয়তন B পুকুরের নিচে কম হবে— গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে, তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

খ ঘূর্ণনরত বস্তুর কৌণিক বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ঘূর্ণন গতিশক্তি চারগুণ হবে।

মনে করি, একটি বস্তু কোনো অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান। এখন, বস্তুটির অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক I এবং কৌণিক বেগ ω হলে, ঘূর্ণন গতিশক্তি E_k হবে, $E_k = \frac{1}{2} \times I \times \omega^2$। কোনো অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান জড়তার ভ্রামক ধ্রুব কিন্তু কৌণিক বেগের পরিবর্তন ঘটতে পারে।

অর্থাৎ $E_k \propto \omega^2$

অতএব, ঘূর্ণনরত বস্তুর কৌণিক বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর গতিশক্তি চারগুণ হয়।

গ আমরা জানি,

$$PV = nRT$$

$$\text{বা, } V = \frac{nRT}{P} = \frac{\frac{W}{M}RT}{P}$$

$$\text{বা, } \frac{\frac{20}{32} \times 8.314 \times 303}{2 \times 101325}$$

$$= 7.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
গ্যাসের চাপ,
$p = 2 \text{ atm} = 2 \times 101325$ Pa
তাপমাত্রা, $T = 30°C$
$= (273 + 30)K = 303$ K
ভর, $W = 20$ gm
অক্সিজেনের আণবিক ভর,
$M = 32$ gm
মোলার গ্যাসধ্রুবক, $R = 8.31$
$mol^{-1}K^{-1}$
আয়তন, $V = ?$

ঘ A পুকুরের তলদেশে চাপ P_1 এবং বেলুনের আয়তন V_1

$$P_1V_1 = PV$$

$$\text{বা, } (P_{atm_1} + h_1e_1g)V_1 = PV$$

$$\text{বা, } V_1 = \frac{PV}{P_{atm_1} + h_1e_1g}$$

$$= \frac{2 \times 101325 \times 7.76 \times 10^{-3}}{1.5 \times 101325 + 20 \times 1050 \times 9.8}$$

$$= 4.39 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

এখানে,
বেলুনের আদি আয়তন,
$V = 7.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
('গ' থেকে পাই)
বেলুনের আদি চাপ,
$P = 2$atm
$= 2 \times 101325$ Pa
A পুকুরের উপরিতলে
বায়ুমন্ডলীয় চাপ,
$P_{atm_1} = 1.5 \text{ atm} = 1.5$
101325 Pa
পুকুরের গভীরতা, h_1
20m
ঘনত্ব, $e_1 = 1050 kgm^{-3}$

অন্যদিকে B পুকুরের তলদেশে বেলুনের আয়তন V_2 হলে,

$$V_2 = \frac{PV}{P_{atm_2} + h_2e_2g}$$

$$= \frac{2 \times 101325 \times 7.76 \times 10^{-3}}{1.2 \times 101325 + 25 \times 1000 \times 9.8}$$

$$= 4.28 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

এখানে,
B পুকুরের উপরি
বায়ুমন্ডলীয় চাপ,
$P_{atm_2} = 1.2$ atm
$= 1.2 \times 101325$ Pa
পুকুরের গভীরতা, h_2
25m
পানির ঘনত্ব, $e_2 = 1$
kgm^{-3}

অর্থাৎ $V_1 > V_2$; তাই B পুকুরের নিচে বেলুনের আয়তন কম হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৪ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ▌ প্রশ্ন ন

একটি স্থানে, হাইগ্রোমিটারের শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা 24°C শিশিরাংক 11.5°C। 24°C; 12°C ও 11°C তাপামাত্রায় সম্পৃক্ত চাপ যথাক্রমে 22.38×10^{-3}m, 10.52×10^{-3}m ও $9.9 \times 10^{-}$ 24°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের ধ্রুবক 1.72।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে?

খ. লিফটে উপরে ওঠার সময় আরোহী নিজেকে ভারী মনে কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. ঐ স্থানের সিক্ত বাল্বের তাপমাত্রা নির্ণয় করো।

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় এবং ঐ দিনের আবহাওয়া সম্পর্কে তোমার মতামত দাও।

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে একক দৈর্ঘ্য প্রসারিত বা স করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

খ লিফট উপরে উঠার সময় আরোহী নিজেকে ভারী মনে করে। উপরে ওঠার সময় লিফট অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে কাজ করে গতিপ্রাপ্ত হয়। তখন তার লব্ধি ত্বরণ হয় (g + a); যেখানে a হলো লিফটের ত্বরণ। তাই আরোহী লিফটের মেঝেতে যে প্রতিক্রিয়া বল অনুভব করে সেটি তার ওজন থেকে বেশি অনুভূত হয়। একারণে লিফট উপরে উঠার সময় আরোহী নিজেকে ভারী মনে করে।

গ আমরা জানি,

$\theta_1 - \theta = G(\theta_1 - \theta_2)$

বা, $24 - 11.5 = 1.72(24 - \theta_2)$

বা, $24 - \theta_2 = \frac{12.5}{1.72}$

বা, $24 - \theta_2 = 7.27$

$\theta_2 = 16.73°C$ **(Ans.)**

এখানে,
শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা,
$\theta_1 = 24°C$
শিশিরাঙ্ক, $\theta = 11.5°C$
গ্লেইসারের উৎপাদক,
$G = 1.72$
সিক্ত বাল্বের পাঠ, $\theta_2 = ?$

ঘ ২৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: আপেক্ষিক আর্দ্রতা 45.62%। সুতরাং ঐ স্থানের আবহাওয়া শুষ্ক থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৫ **কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন নং ৮**

অক্সিজেন গ্যাসের তাপমাত্রা –20°C। যদি গ্যাসটিকে উত্তপ্ত করা হয় তবে অণুগুলোর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। $N = 6.023 \times 10^{23}$, R = 6400 km = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ; $k = 1.38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}।

◀ অধ্যায় ৬ ও ১০-এর সমন্বয়ে

ক. গড় মুক্ত পথ কাকে বলে? ১
খ. গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য করো। ২
গ. কত তাপমাত্রায় অণুগুলোর গড় গতিশক্তি দ্বিগুণ হবে? ৩
ঘ. কত তাপমাত্রায় পৃথিবী পৃষ্ঠে অক্সিজেনের RMS বেগ পৃথিবীর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র থেকে মুক্তিবেগের সমান হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী গড় দূরত্বকে গড় মুক্তপথ বলে।

খ গ্যাস ও বাষ্পের দুটি পার্থক্য হলো:

গ্যাস	বাষ্প
i. শুধু চাপ প্রয়োগে তরলে পরিণত করা যায় না।	i. শুধু চাপ প্রয়োগে তরলে পরিণত করা যায়।
ii. কক্ষ তাপমাত্রায় থাকা গ্যাসকে তরলে পরিণত করার জন্য চাপ প্রয়োগের সাথে সাথে তাপমাত্রাও হ্রাস করতে হয়। উদাহরণ: অক্সিজেন।	ii. বেশিরভাগ বাষ্প কক্ষ তাপমাত্রায় তরল অবস্থায় থাকে।

গ

O_2 গ্যাসের 1টি অণুর গড় গতিশক্তি,

$\overline{E} = \frac{f}{2}kT$

বা, $\overline{E} = \frac{5}{2}kT$

$\therefore \overline{E} \propto T$ [∵ k ধ্রুবক]

$\therefore \frac{\overline{E_2}}{\overline{E_1}} = \frac{T_2}{T_1}$

এখানে,
O_2 দ্বিপরমাণুক। তাই এর স্বাধীনতার মাত্রা, f = 5
আদি তাপমাত্রা,
$T_1 = -20°C$
$= (273 - 20)$ K
$= 253$ K

বা, $\frac{2\overline{E_1}}{\overline{E_1}} = \frac{T_2}{253}$ [∵ গড় গতিশক্তি দ্বিগুণ হলে, $\overline{E_2} = 2\overline{E_1}$]

বা, $T_2 = 2 \times 253 = 506$ K $= 233°C$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, পৃথিবীর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র অতিক্রমের জন্য ন্যূনতম বেগ = পৃথিবীর মুক্তিবেগ = $v_e = 11.2$ kms^{-1} = 11200 ms^{-1}

অক্সিজেনের RMS বেগ $c_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

শর্তমতে, $c_{rms} = v_e$

বা, $\sqrt{\frac{3RT}{M}} = 11200$

বা, $\frac{3RT}{M} = (11200)^2$

বা, $T = \frac{(11200)^2 \times M}{3R}$

বা, $T = \frac{(11200)^2 \times 32 \times 10^{-3}}{3 \times 8.314}$

$\therefore T = 1.61 \times 10^5$ K

এখানে,
O_2 গ্যাসের মোলার ভর,
$M = 32$ g mol^{-1}
$= 32 \times 10^{-3}$ kgmol^{-1}
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314$ Jmol^{-1}k^{-1}

সুতরাং, 1.61×10^5 K তাপমাত্রায় পৃথিবীপৃষ্ঠে অক্সিজেনের RMS বেগ পৃথিবীর সাপেক্ষ মুক্তিবেগের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৬ **ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন নং ৬**

একই আয়তনের দুটি সিলিন্ডারে O_2 ও N_2 গ্যাস রাখা আছে। গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রা যথাক্রমে 2atm, 1 liter এবং 40°C।

ক. আপেক্ষিক আর্দ্রতা কী? ১
খ. –273°C এর নিচে কোনো তাপমাত্রা হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. N_2 গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি উভয় সিলিন্ডারে এর মুখ খুলে দেওয়া হয় তবে কোন গ্যাসটি আগে পাত্র থেকে বের হয়ে যাবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন হয় তাদের অনুপাতই আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

খ চার্লসের সূত্র হতে আমরা জানি, "স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য এর আয়তন 0°C তাপমাত্রায় নির্ণীত আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। মনে করি, 0°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন V_o ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি θ°C হয় তবে গ্যাসের আয়তন $V_\theta = V_o\left(1 + \frac{\theta}{273}\right)$ হবে।

এখন $\theta = -273°C$ হলে, $V_\theta = V_o\left(1 - \frac{273}{273}\right) = 0$ হয়।

অর্থাৎ, $\theta = -273°C$ এর নিচের কোনো তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হবে, যা অসম্ভব। সুতরাং –273°C এর নিচে কোনো তাপমাত্রা থাকতে পারে না।

গ ১৮ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** গতিশক্তি 303.975 J

ঘ

গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র থেকে আমরা জানি,

ব্যাপন হার, $r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$

সুতরাং অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাসের ব্যাপনের অনুপাত,

$\frac{r_{O_2}}{r_{N_2}} = \sqrt{\frac{M_{N_2}}{M_{O_2}}} = \sqrt{\frac{28}{32}}$

বা, $\frac{r_{O_2}}{r_{N_2}} = 0.935$

এখানে,
O_2 গ্যাসের আনবিক ভর,
$M_{O_2} = 32$ gmol^{-1}
N_2 গ্যাসের আনবিক ভর,
$M_{N_2} = 28$gmol^{-1}

অর্থাৎ, $r_{O_2} < r_{N_2}$। তাই N_2 গ্যাসের ব্যাপন হার বেশি হবে এবং উভয় সিলিন্ডারের মুখ খুলে দিলে নাইট্রোজেন গ্যাসটি আগে পাত্র থেকে বের হয়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ **বরিশাল ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন নং ৮**

একটি অক্সিজেন সিলিন্ডার 30°C তাপমাত্রায় ও 15 atm চাপে 30 লিটার অক্সিজেন ধারণ করে। কিছু পরিমাণ অক্সিজেন সরানোর পর সিলিন্ডারটির তাপমাত্রা হলো 7°C ও চাপ 11 atm। NTP তে অক্সিজেনের গড় মুক্ত পথ হলো 9.5×10^{-6} cm।

ক. হাইগ্রোমিটার কী? ১

খ. চাপীয় সূত্র গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে প্রমাণ করা যায় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত অক্সিজেন অণুর দুটি পরপর সংঘর্ষের মধ্যে সময় ব্যবধান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কিছু অক্সিজেন অপসারণ করার পর সিলিন্ডারের অবশিষ্ট অক্সিজেনের মোলসংখ্যা নির্ণয় করা যাবে কি— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক হাইগ্রোমিটার এক ধরনের যন্ত্র যার সাহায্যে কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা মাপা যায়।

খ বয়েল এর সূত্রানুযায়ী, স্থির তাপমাত্রায় ।টি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর চাপের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ গ্যাসের চাপ P ও আয়তন V হলে $V \propto \frac{1}{P}$ বা PV = ধ্রুবক। গতিতত্ত্ব অনুসারে গ্যাসের চাপ $P = \frac{1}{3}\frac{mnc^2_{rms}}{V}$ [m = অণুর ভর, n = অণুর সংখ্যা ও c^2_{rms} = গ্যাসের মূল গড় বর্গ বেগ] [∵ mn = M]

বা, $PV = \frac{1}{3}mnc^2_{rms} = \frac{1}{3}Mc^2_{rms} = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2}Mc^2_{rms} = \frac{2}{3}E$ .. (i)

এখানে, E হলো গ্যাস অণুসমূহের মোট গতিশক্তি। তাপমাত্রা স্থির থাকলে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের গতিশক্তি স্থির থাকে। অর্থাৎ মোট গতিশক্তি, E = ধ্রুবক। এজন্য (i)নং সমীকরণ থেকে বলা যায়। PV = ধ্রুবক বা $V \propto \frac{1}{P}$। এটিই হলো বয়েলের সূত্র। এজন্য গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে চাপীয় সূত্র প্রমাণ করা যায়।

গ অক্সিজেনের rms বেগ,

$$c_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 298}{32 \times 10^{-3}}} = 481.95\ ms^{-1}$$

একটি সংঘর্ষের সময় t হলে,

$$t = \frac{\lambda c}{c_{rms}} = \frac{9.5 \times 10^{-8}}{481.95} = 1.97 \times 10^{-10}\ sec$$

এখানে,
NTP তে তাপমাত্রা,
T = 25°C = (25 + 273) K = 298 K,
গড় মুক্ত পথ,
$\lambda_C = 9.5 \times 10^{-6}$ cm
$= 9.5 \times 10^{-8}$ m
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$
আণবিক ভর, M = 32g
$= 32 \times 10^{-3}$kg

অর্থাৎ, দুটি পরপর সংঘর্ষের মধ্যে সময় ব্যবধান 1.97×10^{-10} s **(Ans.)**

ঘ

আমরা জানি,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1 \times P_2} = \frac{15 \times 30 \times 10^{-3} \times 290}{303 \times 11} = 39.15 \times 10^{-3}\ m^3$$

এখানে,
আদিতে
তাপমাত্রা, T_1 = 30°C = (30 + 273) K = 303 K
চাপ, P_1 = 15atm
আয়তন, V_1 = 30L
$= 30 \times 10^{-3}\ m^3$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, T_2 = 17°C
= (17 + 273) K = 290 K
চাপ, P_2 = 11 atm
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

সিলিন্ডারে অক্সিজেন মোল সংখ্যা n হলে, $P_2V_2 = nRT$

$$\text{বা, } n = \frac{P_2V_2}{RT_2} = \frac{(11 \times 101.325 \times 10^3) \times 39.15 \times 10^{-3}}{8.314 \times 290} = 18\ mol$$

অতএব, কিছু অক্সিজেন অপসারণ করার পর সিলিন্ডারের অবশিষ্ট অক্সিজেনের মোলসংখ্যা 18।

প্রশ্ন ▸ ৪৮ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

কোনো স্থানের পরীক্ষণে আবদ্ধ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 19°C এবং শিশিরাংক 7.4°C পাওয়া গেল। শৈত্যপ্রবাহের ঐ স্থানের তাপমাত্রা কমে 15°C হলো। 7°C, 8°C এবং 19°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্প চাপ যথাক্রমে 7.5 mm, 8.2 mm এবং 16.5 mm পারদ।

ক. সেকেন্ড দোলক কী? ১

খ. স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা ও ঘনত্বের সম্পর্ক কীরূপ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত? ৩

ঘ. তাপমাত্রার পরিবর্তনে ঐ স্থানের আবদ্ধ বায়ুর শিশির পরিবর্তিত হবে কিনা? বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড তাই সেকেন্ড দোলক

খ ধরি, কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ভর m, স্থির চাপে T_1 পরম তাপমাত্রায় আয়তন V_1 ও ঘনত্ব ρ_1 এবং T_2 পরম তাপ আয়তন V_2 ও ঘনত্ব ρ_2।

এখন, ঘনত্বের সূত্রানুসারে, $V_1 = \frac{m}{\rho_1}$ এবং $V_2 = \frac{m}{\rho_2}$

চার্লসের সূত্রানুসারে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\therefore \frac{m}{\rho_1T_1} = \frac{m}{\rho_2T_2}$$

$$\text{বা, } \rho_1T_1 = \rho_2T_2$$

$$\therefore \rho_1T_1 = \text{ধ্রুবক}$$

অর্থাৎ, $\rho \propto \frac{1}{T}$; যখন চাপ ও ভর স্থির থাকে।

অর্থাৎ, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের ঘনত্ব তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 47.15%

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং

কোন স্থানে ঘরের বাইরের তাপমাত্রা 40°C, বায়ুমণ্ডলের চাপ 1 atm এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50%। ঘরের ভিতরে রাখা আর্দ্রতামাপক যন্ত্রে শুষ্ক ও সিক্ত বাল্বের পাঠ যথাক্রমে 34°C এবং 26°C। 40°C, 34°C, 22°C ও 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ যথাক্রমে 55.32 mmHgP, 39.90 mmHgP, 19.83 mmHgP এবং 17.54 mmHgP। 32°C ও 33°C তাপমাত্রায় গ্লেইসিয়ার এর উৎপাদক যথাক্রমে 1.63 ও 1.62।

ক. পরম শূন্য তাপমাত্রা কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রা বনাম আপেক্ষিক আর্দ্রতার লেখচিত্র অংকন কর। ২

গ. ঘরের বাইরে শুষ্ক বায়ুর চাপ কত? ৩

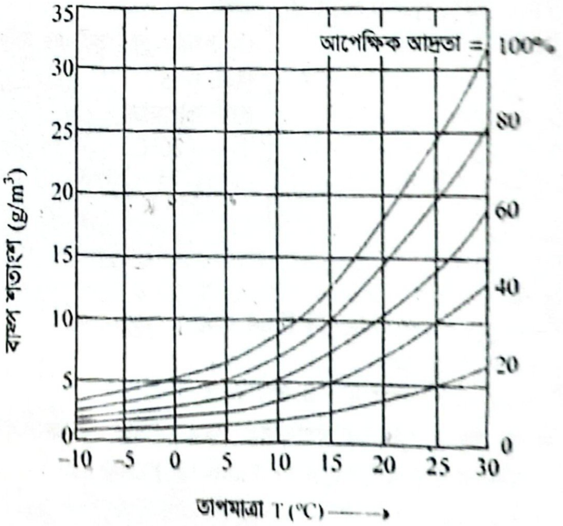
ঘ. ঘরের জানালা খুলে দিলে জলীয় বাষ্প কোন দিকে প্রবাহিত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থির চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন যে তাপমাত্রায় তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয় সেই তাপমাত্রাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে।

খ উষ্ণ বাতাসে ঠান্ডা বাতাসের চেয়ে বেশি জলীয় বাষ্প বা আর্দ্রতা থাকতে পারে। তাই বাতাস শীতল হলে বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি হবে।

তাপমাত্রা বনাম আপেক্ষিক আর্দ্রতার লেখচিত্র—



গ দেওয়া আছে, ঘরের বাইরের তাপমাত্রা = 40°C

ঐ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ দেওয়া আছে, $P_b = 55.32$ mm HgP।

ঐ তাপমাত্রায় উপস্থিত মোট বাষ্প চাপ, f

আমরা জানি,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{বর্তমান তাপমাত্রায় মোট অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ}}{\text{বর্তমান তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ}}$$

বা, $R = \frac{f}{P_b}$

বা, $\frac{50}{100} = \frac{f}{55.32}$

বা, $f = \frac{50 \times 55.32}{100}$

$= 27.66$ mm HgP.

বায়ুমণ্ডলের চাপ, $P_{total} = 1$ atm $= 760$ mm HgP

সুতরাং, শুষ্ক বায়ুর চাপ $= P_{total} - f$

$= 760 - 27.66$

$= 732.34$ mm HgP **(Ans.)**

ঘ দুটি স্থানের মধ্যে আপেক্ষিক আর্দ্রতার তুলনা করে জলীয় বাষ্পের প্রবাহের দিক নির্ণয় করা যায়। যে স্থানে আপেক্ষিক আর্দ্রতা তুলনামূলক বেশি, সেই স্থান হতে জলীয় বাষ্প কম আর্দ্রতাসম্পন্ন স্থানের দিকে প্রবাহিত হয়।

দেওয়া আছে, ঘরের বাইরের আংশিক আর্দ্রতা, $R_1 = 50\%$

এখন, ঘরের ভেতরে শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা, $\theta_1 = 34°C$

সিক্ত বাল্বের তাপমাত্রা, $\theta_2 = 26°C$

শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রায় (34°C) গ্লেসিয়ারের উৎপাদক নির্ণয় করতে–

(33 – 32) বা 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে G এর মান কমে (1.63 – 1.62) = 0.01

∴ 34°C এ G এর মান, $G_{34} = (1.62 - 0.01) = 1.61$

এখন, শিশিরাংক নির্ণয়ের জন্য

$\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$

$= 34 - 1.61(34 - 26)$

$= 21.12°C$

উদ্দীপক হতে,

(22–20) বা, 2°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে জলীয় বাষ্পের চাপের পরিবর্তন

$= 19.83 - 17.54$

$= 2.29$ mm HgP

∴ 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে জলীয় বাষ্পের চাপের পরিবর্তন

$= \frac{2.29}{2} = 1.145$ mm HgP

সুতরাং 1.12°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে $= 1.145 \times 1.12$

$= 1.2824$ mm HgP

∴ 21.12°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ

$= (17.54 + 1.2824)$ mm HgP

$= 18.8224$ mm HgP

এখন, ঘরের ভেতরের

আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_2 = \frac{f_{21.12}}{f_{34}} \times 100\%$

$= \frac{18.8224}{39.90} \times 100\%$

$= 47.17\%$

যেহেতু $R_1 > R_2$ সুতরাং ঘরের বাইরে আপেক্ষিক আর্দ্রতা তুলনামূলক বেশি। জানালা খুলে দিলে জলীয় বাষ্প ঘরের বাইরে থেকে ভেতরের দিকে প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫০ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ❚ প্রশ্ন নং ৭

কোন একদিন একটি স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 21°C এবং শিশিরাংক ছিল 7.32°C. হঠাৎ শৈত্য প্রবাহে উক্ত স্থানের তাপমাত্রা 15°C এ নেমে আসে। 7°C, 8°C এবং 21°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ যথাক্রমে 7.53, 8.05 এবং 21.54 mm HgP.

ক. বিসদৃশ ভেক্টরের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কোন ক্ষেত্রে স্কেলার ও ভেক্টর যোগফলের মান সমান হয়? ২

গ. শৈত্য প্রবাহের ফলে উদ্দীপকের বায়ুতে বাষ্পচাপের পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বায়ুতে তাপমাত্রা কমে যাওয়ায় শিশিরাংক পরিবর্তন হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমজাতীয় দুটি ভেক্টর যদি বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে তবে তাদেরকে বিসদৃশ ভেক্টর বলে।

খ যদি একাধিক ভেক্টর রাশির দিক সমান্তরাল হয় অর্থাৎ তাদের মধ্যবর্তী কোণ 0° হয় সেক্ষেত্রে ভেক্টরগুলোর যোগফল বা লব্ধি, এদের স্কেলার মানের সমান হবে। যেমন দুটি ভেক্টর $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ এর লব্ধি $\vec{R}$ হলে $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\alpha}$। যদি $\alpha = 0°$ হয় তবে $R = \sqrt{(P + Q)^2}$ বা, $R = P + Q$ হবে। তাই সদৃশ বা বিসদৃশ ভেক্টরের ক্ষেত্রে স্কেলার যোগ ও ভেক্টর যোগ সমান হবে।

গ ১৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 21°C এবং 15°C তাপমাত্রায় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 7.738 mm HgP এবং 5.50 mm HgP সুতরাং বাষ্পচাপের পরিবর্তন (7.738 – 5.50) বা, 2.238 mm HgP।

ঘ 'গ' হতে পাই,

বায়ুর তাপমাত্রা 21°C এর জন্য শিশিরাঙ্কের (7.32°C) সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, $f = 7.738$ mm (Hg) এবং বায়ুর তাপমাত্রা 15°C এর জন্য শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, $f' = 5.50$ mm (Hg)। যেহেতু, $f \neq f'$, তাই শিশিরাঙ্কের পরিবর্তন হবে। [উন্মুক্ত স্থান হওয়ায়]

এখন, নতুন শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করি।

(7.738 – 7.53) mm (Hg) চাপের পরিবর্তনে তাপমাত্রার পরিবর্তন (7.32 – 7)°C বা, 0.32°C

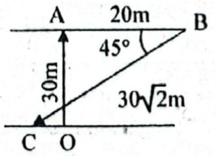
∴ (7.738 – 5.50) mm (Hg) চাপের পরিবর্তনে তাপমাত্রার পরিবর্তন

$\left\{\frac{(7.738 - 5.50) \times 0.32}{(7.738 - 7.53)}\right\}$ °C.

$= 3.4431°C$

∴ নতুন শিশিরাঙ্ক = (7.32 – 3.44.1)°C = 3.88°C অর্থাৎ, উদ্দীপকের বায়ুতে তাপমাত্রা কমে যাওয়ায় শিশিরাঙ্ক 7.32°C থেকে 3.88°C এ নেমে আসবে। সুতরাং শিশিরাংক পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫১ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ❚ প্রশ্ন নং ৮



◀ *অধ্যায় ২ ও ১০ এর সমন্বয়ে*

রাফসান 30m গভীর একটি হ্রদের তলদেশ থেকে 1 লিটার আয়তনের একটি ফোলানো বেলুন নিয়ে OA বরাবর হ্রদের পৃষ্ঠে উঠে আসে। হ্রদের পৃষ্ঠে বেলুনটি ফেটে যাবার উপক্রম হয়। সে বেলুনটিকে সাবধানে A থেকে B অবস্থানে নিয়ে আবার হ্রদের তলদেশে চলে যায় এবং C বিন্দুতে পৌঁছায়। হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 Nm^{-2}।

ক. ঘাত বলের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. একটি যাত্রীপূর্ণ নৌকার যাত্রীদের দাঁড়াতে নিষেধ করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের হ্রদের তলদেশে রাফসানের মোট সরণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বেলুনটি সর্বোচ্চ প্রসারণ ক্ষমতা সম্পর্কে গাণিতিক যুক্তিসহ তোমার মতামত দাও। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের যে বল কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয় তাকে ঘাত বল বলে।

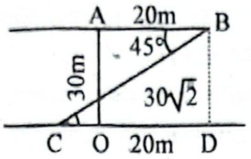
খ একটি যাত্রীপূর্ণ নৌকার যাত্রীদের দাঁড়াতে নিষেধ করা হয় কারণ সেক্ষেত্রে নৌকার ভারকেন্দ্র পরিবর্তন হয়ে একটি অস্থিতিশীল অবস্থা

বিরাজ করবে। যাত্রীরা দাঁড়ালে নৌকার ভারকেন্দ্র কিছুটা ওপরে উঠে যায়। ফলে নৌকাটি উল্টে যেতে পারে। এ কারণে নৌকার যাত্রীদের দাঁড়াতে নিষেধ করা হয়।

গ এখানে,

AO = BD = 30 m

AB = OD = 20 m



চিত্র থেকে দেখা যায়, $\angle DCB = \angle ABC = 45°$

তাই ΔBCD এ, $\tan\theta = \frac{BD}{CD}$ বা, $\tan 45° = \frac{30}{CD}$

বা, CD = 30 m

সুতরাং OC = CD − OD = (30 − 20) m = 10 m

অতএব, হ্রদের তলদেশে রাফসানের মোট সরণ হবে 10 m। **(Ans.)**

ঘ

হ্রদের তলদেশে চাপ, P_2 হলে,

$P_2 = P_1 + h\rho g$

আবার, $P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $P_2 = \frac{V_1}{V_2}P_1$

বা, $P_2 = \frac{V_1}{0.001} \times 10^5$

$= 1 \times 10^8 V_1$

এখানে,
হ্রদের গভীরতা, h = 30 m
হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ুমন্ডলী চাপ,
$P_1 = 10^5 \text{ Nm}^{-2}$
হ্রদের তলদেশে বেলুনের আয়তন,
$V_2 = 1L = 0.001 \text{ m}^3$
ঘনত্ব, $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$
পৃষ্ঠে বেলুনটির সর্বোচ্চ আয়তন,
$V_1 = ?$
হ্রদের তলদেশে চাপ, $P_2 = ?$

অতএব, $1 \times 10^8 V_1 = P_1 + h\rho g$

বা, $1 \times 10^8 V_1 = 10^5 + 30 \times 1000 \times 9.8$

বা, $V_1 = 3.94 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$\therefore V_1 = 3.94 \text{ L}$

অর্থাৎ বেলুনটি পৃষ্ঠে সর্বোচ্চ 3.94 L পর্যন্ত প্রসারিত হতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ৫২ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং 8

একজন আবহাওয়াবিদ দৈনিক প্রতিবেদন তৈরির জন্য কোনো একদিন খুলনা ও ঢাকায় স্থাপিত দুটি সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের মাধ্যমে নিচের উপাত্তগুলো সংগ্রহ করলেন:

স্থান	θ_1	θ_2	G
খুলনা	28.6°C	20°C	1.664
ঢাকা	32.5°C	22°C	1.625

[14°C, 16°C, 28°C, 30°C, 32°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ যথাক্রমে— 1.99, 13.63, 28.35, 31.83, 35.66 mm Hg]

ক. শূন্য কাজ বল কী? ১

খ. বিপ্রতীক ভেক্টর এক ধরনের সমরেখ ভেক্টর ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঐ দিনে খুলনার শিশিরাঙ্ক কত ছিল? ৩

ঘ. উপরোক্ত তথ্যমতে কোন স্থানে অধিক বৃষ্টিপাতের সম্ভাবনা ছিল তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। 8

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বলের কারণে কাজ শূন্য হয় তাই শূণ্য কাজ বল।

খ একই দিকে ক্রিয়াশীল দুটি ভেক্টরের একটির মান অপরটির মানের বিপরীত হলে ভেক্টর দুটিকে পরস্পর বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে। যেমন– $\vec{A} = A\hat{a}$ এবং $\vec{B} = \frac{1}{A}\hat{a}$ হলে $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর বিপ্রতীপ ভেক্টর।

যেহেতু বিপ্রতীপ ভেক্টরদ্বয় একই দিকে ক্রিয়াশীল তাই, বিপ্রতীপ ভেক্টরকে সমরেখ ভেক্টর বলা যেতে পারে। সুতরাং, বিপ্রতীপ ভেক্টর এক ধরনের সমরেখ ভেক্টর।

গ ৩ (গ) নং সৃজনশীর প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর : 14.2896°C

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ঐদিন খুলনায় আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_1 = 41.6\%$ যা ঢাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_2 = 35.86\%$ থেকে বেশি। তাই খুলনায় অধিক বৃষ্টিপাতের সম্ভাবনা ছিল।

প্রশ্ন ▸ ৫৩ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং

কোনো একটি পাত্রে 27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস আবদ্ধ আছে। গ্যাসের একটি অণুর ভর 6.68×10^{-27} kg এবং ব্যাসার্ধ 1.5×10^{-10} m। প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে অণুর সংখ্যা 3.01×10^{10}।

ক. শিশিরাঙ্ক কাকে বলে?

খ. ফ্যানের বাতাসে শরীরের ঘাম শুকালে আরাম লাগে কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. গ্যাস অণুর মূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় করো।

ঘ. ক্লসিয়াস, ম্যাক্সওয়েল এবং বোল্টজম্যানের সূত্রানুসারে প্রতিক্ষেত্রে প্রতি সেকেণ্ডে ধাক্কার সংখ্যা সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে মতামত দাও।

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে।

খ ঘর্মাক্ত শরীরে শরীরের ঘাম দেহ হতে বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ গ্রহণ করে বাষ্পীভূত হয়। ফলে আশেপাশের বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেড়ে যায়। তখন বায়ু আর অধিক জলীয়বাষ্প ধারণ করতে পারে না। ফলে শরীরে গরম অনুভূত হয়। কিন্তু ফ্যানের বাতাসে আশে পাশে বিদ্যমান জলীয়বাষ্প দূরে সরে যায়। ফলে শরীর হতে আরো ঘাম বাষ্পীভূত হয়ে শরীরের উৎপন্ন তাপ হ্রাস করে। এ কারণে ফ্যানের বাতাসে শরীরের ঘাম শুকালে আরাম লাগে এবং ঠান্ডা অনুভূত হয়।

গ দেওয়া আছে, গ্যাসের একটি অণুর ভর $= 6.68 \times 10^{-27}$ kg

$\therefore$ 1 মোল গ্যাসের ভর,

$M = (6.68 \times 10^{-27} \times N_A)$ kg

$= (6.68 \times 10^{-27} \times 6.023 \times 10^{23})$ kg

$= 4 \times 10^{-3}$ kg

আমরা জানি,

$C_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 300}{4 \times 10^{-3}}}$

$\therefore C_{r.m.s.} = 1367.7 \text{ ms}^{-1}$

এখানে,
অ্যাভোগ্যাড্রোর সংখ্যা,
$N_A = 6.023 \times 10^{23}$
তাপমাত্রা, T = 27°C
= (27 + 273) K = 300 K
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
মূলগড় বর্গবেগ, $C_{r.m.s} = ?$

অর্থাৎ, গ্যাস অণুর মূল গড় বর্গবেগ 1367.7 ms^{-1} **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে, গ্যাস অণুর ব্যাসার্ধ $= 1.5 \times 10^{-10}$ m

$\therefore$ গ্যাস অণুর ব্যাস $\sigma = 2 \times 1.5 \times 10^{-10} = 3 \times 10^{-10}$ m

একক আয়তনে অণুর সংখ্যা, $n = 3.01 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3} = 3.01 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে অণুগুলোর মূল গড় বর্গবেগ 1367.7 m s^{-1}।

ক্লসিয়াসের পদ্ধতিতে, গড়মুক্ত পথ $\lambda_C = \frac{1}{n\pi\sigma^2}$

$= \frac{1}{3.01 \times 10^{16} \times 3.14 \times (3 \times 10^{-10})^2}$

$= 117.56$ m

বোল্‌জম্যানের পদ্ধতিতে, $\lambda_B = \frac{3}{4n\pi\sigma^2} = \frac{3}{4} \times \lambda_C$

$= \frac{3}{4} \times 117.56$ m

$= 88.17$

কোনো অণুর একক সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$l = vt = C_{rms}t = 1367.7 \text{ m·s}^{-1} \times 1\text{s} = 1367.7$ m

কোনো অণু l দূরত্ব অতিক্রম করতে যদি N সংখ্যক ধাক্কা খায় তবে মুক্ত পথ, $\lambda = \frac{l}{N}$

বা, $N = \frac{l}{\lambda}$

ক্লসিয়াসের পদ্ধতিতে ধাক্কা সংখ্যা, $N_C = \frac{l}{\lambda_C} = \frac{1367.7}{117.56}$

$= 11.6$ টি

বোলজম্যানের পদ্ধতিতে ধাক্কার সংখ্যা, $N_B = \frac{l}{\lambda_B} = \frac{1367.7}{88.17}$

$= 15.5$ টি $> N_C$

সুতরাং বলা যায়, বোলজম্যানের সমীকরণ অনুযায়ী প্রতি সেকেন্ডে ধাক্কার সংখ্যা ক্লসিয়াসের সমীকরণ অনুযায়ী ধাক্কার সংখ্যা অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ ঢাকা কলেজ । প্রশ্ন নং ৪

দুটি আবদ্ধ পাত্র A এবং B এ যথাক্রমে একই ভরের হাইড্রোজেন ও অজানা গ্যাস আবদ্ধ করে রাখা আছে। 27°C তাপমাত্রায় B এর আয়তন A এর আয়তনের দ্বিগুণ এবং পাত্রদ্বয়ের চাপের অনুপাত 32:1।

ক. গড় মুক্ত পথ কাকে বলে? ১

খ. বাংলাদেশ থেকে ফ্লাস্কে করে কক্ষ তাপমাত্রার কিছু পরিমাণ পানি চাঁদে নিয়ে ঢেলে দিলে পানির অবস্থা কী হবে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে 1 mole হাইড্রোজেন গ্যাসের গতিশক্তি কত? ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে অজানা গ্যাসটি কী হতে পারে যুক্তি দিয়ে তোমার মতামত গাণিতিকভাবে প্রতিষ্ঠা করো। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বকে গড় মুক্ত পথ বলে।

খ বাংলাদেশ থেকে কক্ষ তাপমাত্রার পানি চাঁদে নিয়ে ঢেলে দিলে তা দ্রুত বাষ্প হয়ে যাবে। এর কারণ চাঁদের বায়ুমণ্ডল নেই ফলে, তরল অবস্থায় পানি ধারণ করার জন্য বায়ুর চাপও নেই। যা পানির স্ফুটনাংককে দ্রুত কমিয়ে দেয়। এই কারণে চাঁদে নিয়ে গেলে ফ্লাস্কের পানি সাথে সাথে ফুটতে শুরু করবে এবং মহাকাশে বাষ্পীভূত হবে।

গ আমরা জানি,

1 মোল গ্যাসের রৈখিক গতিশক্তি বা গতিশক্তি $= \frac{3}{2}RT$

হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে,

$E = \frac{3}{2}RT$

$= \frac{3}{2} \times 8.31 \times 300$

$= 3739.5$ J (Ans.)

এখানে,

সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক,

$R = 8.31\ \text{JK}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$

$T = 27°\text{C} = 300\ \text{K}$

ঘ A গ্যাসের জন্য,

$P_1V_1 = n_1RT$

বা, $PV = \frac{W}{M_1} \times R \times T$

বা, $PV = \frac{W}{2} \times R \times T$

বা, $W = \frac{2PV}{RT}$

এখানে,

হাইড্রোজেনের মোলার আণবিক ভর,

$M_1 = 2\ \text{g mol}^{-1}$

চাপ, $P_1 = P$

আয়তন, $V_1 = V$

প্রদত্ত ভর = W

$R = 8.31\ \text{Jk}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$

$T = 27°\text{C} = 300\ \text{K}$

দুই গ্যাসের ক্ষেত্রে একই পরিমাণ ভর (W) নেওয়া হয়েছে।

B গ্যাসের জন্য,

$P_2V_2 = n_2RT$

বা, $32\ PV = \frac{W}{M_2} \times R \times T$

বা, $32\ PV = \frac{\frac{2PV}{RT}}{M_2} \times R \times T$

বা, $M_2 = 16\ \text{g mol}^{-1}$

B গ্যাসের ক্ষেত্রে,

চাপ, $P_2 = 32\ P$

আয়তন, $V_2 = 2V$

ভর, = হাইড্রোজেনের ভর = W

আণবিক ভর, $M_2 = ?$

যা মিথেনের (CH_4) মোলার আণবিক ভরকে নির্দেশ করে। সুতরাং, উদ্দীপক অনুসারে অজানা গ্যাসটি হলো মিথেন।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ ঢাকা রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ । প্রশ্ন নং ৮

একজন আবহাওয়াবিদ দৈনিক প্রতিবেদনের জন্য নিচের উপাত্তগুলো সংগ্রহ করলেন:

স্থান	শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ	সিক্ত বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ	গ্লেইসারের উৎপাদক
ঢাকা	28.6°C	20°C	1.664
দিনাজপুর	32.5°C	22°C	1.625

[14°C, 16°C, 28°C, 30°C, 32°C এবং 34°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 11.99, 13.63, 28.35, 31.83, 35.66 এবং 39.90 mm Hg]

ক. চার্লসের সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. "আদর্শ গ্যাস একটি কল্পনামাত্র"— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঐ দিনে ঢাকার শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপরোক্ত তথ্যের ভিত্তিতে কোনো ব্যক্তি কোথায় অধিকতর স্বস্তিবোধ করবেন? বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চার্লসের সূত্রটি হলো– স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোনো গ্যাসের আয়তন এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

খ যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রায় ও চাপে বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্র পুরোপুরি মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

সাধারণভাবে কোনো গ্যাসই সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে না। কারণ চার্লসের সূত্র অনুযায়ী, পরম শূন্য তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের আয়তন শূন্য কিন্তু বাস্তবে এমন গ্যাস পাওয়া সম্ভব নয়, এ কারণে আদর্শ গ্যাস একটি কল্পনামাত্র।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 14.2896°C।

ঘ ২০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ঐ দিন ঢাকা ও দিনাজপুরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা যথাক্রমে 41.6% এবং 35.86%। আপেক্ষিক আর্দ্রতা 40% থেকে 60% এর মধ্যে থাকলে বেশি স্বস্তিবোধ হয়। যেহেতু ঢাকায় তাপমাত্রা দিনাজপুরের চেয়ে কম এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 40% থেকে 60% এর মধ্যে তাই ঢাকায় অধিকতর স্বস্তিবোধ করবেন।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৮

98 gm ভরের হিলিয়াম গ্যাস দ্বারা পূর্ণ একটি সিলিন্ডারের আয়তন 5 m^3 এবং অভ্যন্তরের তাপমাত্রা 27°C। অপর একটি অর্ধেক আয়তনের কোনো সিলিন্ডার পূর্ণ অজানা গ্যাসের একই তাপমাত্রায় মূল গড় বর্গ বেগ হিলিয়াম গ্যাসের $\frac{1}{\sqrt{2}}$ গুণ।

ক. শিশিরাংক কাকে বলে? ১

খ. একই তাপমাত্রায় কক্সবাজারের তুলনায় ঢাকায় বেশি স্বস্থিবোধ হয় কেন? ২

গ. হিলিয়ামপূর্ণ গ্যাস সিলিন্ডারের অভ্যন্তরের চাপ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. অজানা গ্যাসটির পরিচয় উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে।

খ কক্সবাজারে বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেশি থাকে। তাই শরীরে সৃষ্টি হওয়া ঘামের বাষ্পায়ন কম হয়। তাই কক্সবাজারে ঘাম কম শুকাবে যাতে করে ঘাম বাষ্পায়নের জন্য শরীর থেকে তাপ কম বের হবে। অপরদিকে, ঢাকায় জলীয় বাষ্প কম থাকায় বাষ্পায়ন প্রক্রিয়া দ্রুত হবে এবং শরীর থেকে তাপ বের হয়ে যাবে। তাই একই তাপমাত্রায় কক্সবাজার অপেক্ষা ঢাকায় বেশি স্বস্থিবোধ হয়।

গ আমরা জানি,

$PV = nRT$

এখানে,

হিলিয়াম গ্যাসের ভর, $W = 98\text{g}$

হিলিয়াম গ্যাসের মোলসংখ্যা,

বা, $P = \frac{nRT}{V}$

$= \frac{24.5 \times 8.314 \times 300}{5}$

$= 12221.58$ Pa **(Ans.)**

$n = \frac{W}{M} = \frac{98}{4} = 24.5$ mole

আয়তন, $V = 5\ m^3$

তাপমাত্রা,

$T = 27°C = (273+27)K$

$= 300$ K

মোলার গ্যাস ধ্রুবক,

$R = 8.314\ J\ mole^{-1}K^{-1}$,

সিলিন্ডারের অভ্যন্তরের চাপ,

$P = ?$

ঘ আমরা জানি, আণবিক ভর M হলে, মূল গড় বর্গবেগ,

$C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ [যেখানে, T = তাপমাত্রা]

হিলিয়াম গ্যাসের ক্ষেত্রে, $C_{He} = \sqrt{\frac{3RT}{M_{He}}}$ ...... (i)

অজানা গ্যাসের ক্ষেত্রে, $C_x = \sqrt{\frac{3RT}{M_x}}$ .... (ii)

শর্তমতে, $C_x = \frac{C_{He}}{\sqrt{2}}$

বা, $\sqrt{\frac{3RT}{M_x}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{3RT}{M_{He}}}$

বা, $\frac{3RT}{M_x} = \frac{1}{2} \times \frac{3RT}{M_{He}}$

বা, $\frac{1}{M_x} = \frac{1}{2}\frac{1}{M_{He}}$

বা, $M_x = 2M_{He} = 2 \times 4$

$= 8\ g\ mol^{-1}$

এখানে,

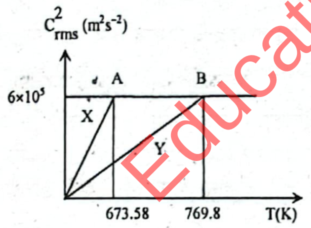
হিলিয়াম গ্যাসের মোলার আণবিক ভর, $M_{He} = 4\ g\ mol^{-2}$ উভয় গ্যাসের তাপমাত্রা

ধরি, অজানা গ্যাস X এর ভর $= M_x$

∴ অজানা গ্যাসটির মোলার আণবিক ভর $8\ g\ mol^{-1}$। এটি কোনো একক গ্যাস নয়। বরং গ্যাসের মিশ্রণ $(H_2 + He)$ হতে পারে।

প্রশ্ন ▸ ৫৭ বিএএফ শাহীন কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৬

সমআয়তনের দুটি পাত্র X ও Y এর প্রত্যেকটিতে 2 mole আদর্শ গ্যাস রয়েছে। চিত্রে গ্যাস দুটির ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বনাম C^2_{rms} বেগের লেখচিত্র দেখানো হয়েছে।



ক. স্বাধীনতার মাত্রা কাকে বলে? ১

খ. কোন স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে কি বোঝায়? ২

গ. A ও B বিন্দুতে গ্যাসদ্বয়ের গড় গতিশক্তির পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উদ্দীপকের গ্যাস দুটির নাম উল্লেখ কর। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা বা অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

খ কোনো স্থানে নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর ও বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুর সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ভরের অনুপাতকে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে। ঢাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 65% বলতে বুঝায় কোনো নির্দিষ্ট সময় ঢাকার বায়ুতে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে ঐ সময় তার শতকরা 65 ভাগ জলীয় বাষ্প ঢাকার বায়ুতে ঐ সময় উপস্থিত আছে।

গ A বিন্দুতে X গ্যাসের গড় গতিশক্তি,

$\overline{E}_A = \frac{3}{2}KT_A$

$= \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 673.58$

$= 4.467 \times 10^{-21}$

এখানে,

বোল্টজম্যান ধ্রুবক,

$K = 1.38 \times 10^{-23}\ JK^{-1}$

A বিন্দুতে তাপমাত্রা,

$T_A = 673.58$ K

B বিন্দুতে তাপমাত্রা,

$T_B = 769.8$ K

B বিন্দুতে Y গ্যাসের গড় গতিশক্তি,

$\overline{E}_B = \frac{3}{2}KT_B$

$= \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 769.8$

$= 5.311 \times 10^{-21}$

∴ A ও B বিন্দুতে গ্যাসদ্বয়ের গড় গতিশক্তির পার্থক্য,

$= \overline{E}_B - \overline{E}_A$

$= 5.311 \times 10^{-21} - 4.647 \times 10^{-21}$

$= 6.64 \times 10^{-22}$ J **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ বা, $C^2_{rms} = \frac{3RT}{M}$ বা, $M = \frac{3RT}{C^2_{rms}}$

এখন, X গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$M_X = \frac{3RT_A}{C^2_{rms}}$

$= \frac{3 \times 8.314 \times 673.58}{6 \times 10^5}$

$= 0.028\ kg\ mol^{-1}$

$= 28\ g\ mol^{-1}$

যা নাইট্রোজেনের মোলার আণবিক ভর

∴ X গ্যাসটি হলো নাইট্রোজেন বা N_2

এখানে,

$C^2_{rms} = 6 \times 10^5\ m^2s^{-2}$

A বিন্দুর তাপমাত্রা,

$T_A = 673.58$ K

B বিন্দুর তাপমাত্রা,

$T_B = 769.8$ K

মোলার গ্যাস ধ্রুবক,

$R = 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

X গ্যাসের মোলার ভর, M_x

Y গ্যাসের মোলার ভর, M_y

আবার, Y গ্যাসের ক্ষেত্রে,

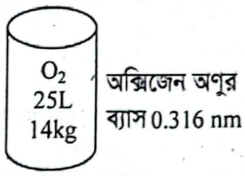
$M_y = \frac{3RT_B}{C^2_{rms}} = \frac{3 \times 8.314 \times 769.8}{6 \times 10^5} = 0.032\ kg\ mol^{-1}$

$= 32\ g\ mol^{-1}$ যা অক্সিজেনের মোলার আণবিক ভর

∴ Y গ্যাসটি হলো অক্সিজেন বা O_2।

সুতরাং, উদ্দীপকের গ্যাস দুটি হলো যথাক্রমে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন

প্রশ্ন ▸ ৫৮ ঢাকা সিটি কলেজ ▌প্রশ্ন নং



তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে সিলিন্ডারে আবদ্ধ O_2 গ্যাস কিছুক্ষণ ব্যবহারের পর চাপ পরিবর্তিত হয়ে 2 atm হয়।

ক. ডাইভারজেন্স কী?

খ. জলীয় বাষ্পচাপ বনাম আয়তনের লেখচিত্র অংকন কর।

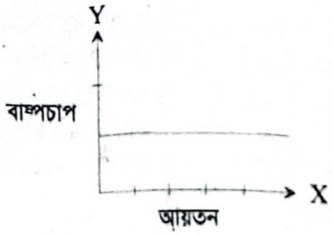
গ. ব্যবহারের পূর্বে গ্যাসটির বর্গমূল গড় বর্গ বেগ কত ছিল?

ঘ. ব্যবহারের পূর্বে এবং পরে পাত্রে রক্ষিত অক্সিজেন অণুর গড়মুক্ত পথের অনুপাত নির্ণয় কর।

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে অপারেশন দ্বারা ডেল অপারেটরের সাহায্যে একটি ভেক্টর ক্ষেত্রকে স্কেলার ক্ষেত্রে রূপান্তর করা হয়, তাই হলো ডাইভারজেন্স।

খ জলীয় বাষ্পচাপ বনাম আয়তনের লেখচিত্র একটি অনুভূমিক রেখা হবে। কারণ বাষ্পচাপ আয়তন হতে সম্পূর্ণরূপে স্বাধীন। নিচে বাষ্পচাপ বনাম আয়তনের লেখচিত্র দেখানো হলো:



গ ২৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 461.28 ms

ব্যবহারের পূর্বে,

অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 25 L = 0.025 m^3$

চাপ, $P_1 = 20$ atm

ভর, $w = 14$ kg

অণুর ব্যাস, $\sigma = 0.316$ nm

আমরা জানি, মোলসংখ্যা $= \frac{w}{m} = \frac{(14 \times 1000)g}{(16 \times 2)g\ mol^{-1}} = 437.5$ mol

1 মোল অক্সিজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$ টি

∴ 437.5 mol অক্সিজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা $= (6.023 \times 10^{23} \times 437.5)$
$= 2.63 \times 10^{26}$ টি

একক আয়তনে অণুর সংখ্যা, $n_1 = \frac{2.63 \times 10^{26}}{0.025} = 1.05 \times 10^{28}$ টি

এখন, ব্যবহারের পূর্বে অণুর গড় মুক্তপথ,

$$\lambda_1 = \frac{1}{\sqrt{2} n_1 \pi \sigma^2}$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{(1.05 \times 10^{28}) \times 3.1416 \times (0.316 \times 10^{-9})^2}$$
$$= 2.14 \times 10^{-10} m$$

ব্যবহারের পরে আবদ্ধ অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন V_2 হলে,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$বা, 20 \times 25 = 2 \times V_2$$
$$\therefore V_2 = 250$$

এখানে,
পূর্বের চাপ, $P_1 = 20$ atm
পূর্বের আয়তন, $V_1 = 25$ L
ব্যবহারের পরের আয়তন, V_2
ব্যবহারের পর পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = 2$ atm

একক আয়তনে অণুর সংখ্যা,

$n_2 = \frac{2.63 \times 10^{26}}{0.25 m^3} = 1.05 \times 10^{27}$ টি প্রতি ঘনমিটারে।

∴ ব্যবহারের পরে অণুর গড় মুক্তপথ λ_2 হলে,

$$\lambda_2 = \frac{1}{\sqrt{2}\, n_2 \pi \sigma^2} = \frac{1}{\sqrt{2} \times (1.05 \times 10^{27}) \times \pi \times (0.316 \times 10^{-9})^2}$$
$$= 2.14 \times 10^{-9} m$$

দুই অবস্থায় গড় মুক্তপথের অনুপাত হবে,

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{2.14 \times 10^{-9}}{2.14 \times 10^{-10}}$$
$$\lambda_2 : \lambda_1 = 10 : 1 \text{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ▶ ৫৯ ঢাকা সিটি কলেজ ❚ প্রশ্ন নং ৮

ঢাকা সিটি কলেজের পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবের বাইরে তাপমাত্রা 30°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 64%। ল্যাবে স্থাপিত হাইগ্রোমিটারের শুষ্ক এবং আর্দ্র বাল্ব থার্মোমিটার পাঠ যথাক্রমে 24°C এবং 20°C। 24°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক 1.72। 16°C, 18°C, 24°C এবং 30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 13.63mm Hg, 15.48mm Hg, 22.38mm Hg এবং 31.83mm Hg।

ক. স্থিতিস্থাপক সীমা কী? ১
খ. দেখাও যে, $(\vec{A}.\vec{B})^2 + (\vec{A}\times\vec{B})^2 = A^2B^2$ ২
গ. ল্যাবের ভিতরের শিশিরাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩
ঘ. ল্যাবের জানালা খুলে দিলে জলীয় বাষ্প কোনদিকে প্রবাহিত হবে? উদ্দীপকের আলোকে তা গাণিতিকভাবে নির্ণয় কর। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বলের যে সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তুর ন্যায় আচরণ করে অর্থাৎ হুকের সূত্র মেনে চলে তাই হলো ঐ বস্তুর স্থিতিস্থাপক সীমা।

খ এখানে, বামপক্ষ $= (\vec{A}.\vec{B}) + (\vec{A} \times \vec{B})$
$= (A.B \cos\theta)^2 + (A.B \sin\theta)^2$
$= A^2B^2 (\cos^2\theta + \sin^2\theta)$
$= A^2B^2$
= ডানপক্ষ (দেখানো হলো)

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 17.12°C।

ঘ ৪৯(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: ল্যাবের বাহিরে আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_1 = 64\%$ এবং ল্যাবের ভিতরে আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_2 = 46.07\%$। যেহেতু $R_1 > R_2$, তাই ল্যাবের জানালা খুলে দিলে জলীয় বাষ্প বাইরে থেকে ভিতরে আসবে।

প্রশ্ন ▶ ৬০ বীরশ্রেষ্ঠ মুন্সী আব্দুর রউফ পাবলিক কলেজ, ঢাকা ❚ প্রশ্ন নং ৮

কোনো একটি পরীক্ষণে মিঠামইনের আবদ্ধ বায়ুর তাপমাত্রা 19°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 47%। শৈত্য প্রবাহে ঐ স্থানের তাপমাত্রা কমে 15°C হলো। 7°C, 8°C ও 19°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 7.5, 8.2 এবং 16.5 mm পারদ চাপের সমান।

ক. বাস্তব গ্যাস কী? ১
খ. ঠাণ্ডা পানির জন্য পিতলের কলসী এবং মাটির কলসীর মধ্যে কোনটি বেশি উপযোগী? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. তাপমাত্রা 5°C এ নেমে গেলে ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তাপমাত্রা পরিবর্তনের কারণে ঐ স্থানের আবদ্ধ বায়ুর শিশিরাঙ্কের কোনো পরিবর্তন হবে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র যুগপৎ মেনে চলে না তাই হলো বাস্তব গ্যাস।

খ মাটির কলসের গায়ে অসংখ্য ক্ষুদ্র ছিদ্র থাকে। মাটির অণু ও পানির অণুর মধ্যকার আসঞ্জন বল পানির অণুসমূহের মধ্যকার সংশক্তি বলের তুলনায় বৃহত্তর হওয়ায় এসব সূক্ষ্ম ছিদ্রে পানি প্রবেশ করে। পানির অণুগুলো যখন বাতাসের সংস্পর্শে আসে তখন সহজেই বাষ্পীভূত হয়। বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ কলসির ভেতরের পানি হতে গ্রহণ করে বিধায় কিছু পরিমাণ পানি বাষ্পীভূত হলেও কলসির অবশিষ্ট পানি অধিকতর ঠাণ্ডা থাকে। পিতলের কলসীতে কোনো ক্ষুদ্র ছিদ্র থাকে না, তাই ঠাণ্ডা পানির জন্য মাটির কলসী বেশি উপযোগী।

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬১ বিসিআইসি কলেজ, ঢাকা ❚ প্রশ্ন নং ৮

একদিন একটি অফিস কক্ষে হাইগ্রোমিটারের শুষ্ক বাল্বের পাঠ 30° এবং ঐদিন আপেক্ষিক আর্দ্রতা ছিল 75%। এসি চালু করায় কক্ষের তাপমাত্রা 23°C এ নেমে গেল। তখন আর্দ্র বাল্বের পাঠ 14.76°C। 30° ও 23°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক যথাক্রমে 1.65 এবং 1.74। রেনোর সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ তালিকায় 30°C, 23°C, 8°C এবং 9°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 29.92mm, 20.24mm, 8.92mm Hg।

ক. চার্লসের সূত্র বিবৃত কর। ১
খ. বডি স্প্রে ব্যবহারের সময় ঠাণ্ডা অনুভূত হয় কেন? ২
গ. তাপমাত্রা 23°C নেমে যাওয়ার ফলে ঐ কক্ষের জলীয় বাষ্পের কত অংশ ঘনীভূত হবে? ৩
ঘ. এসি চালু করার পর অফিস কক্ষের লোকজন আরাম বোধ করলেন। কারণ গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চার্লসের সূত্রটি হলো– স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোনো গ্যাসের আয়তন এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

খ মূলত বাষ্পায়নে শীতলতার কারণে বডি স্প্রে ব্যবহারের সময় ঠাণ্ডা অনুভূত হয়।

বডি স্প্রে এর মধ্যে যে অ্যালকোহল ও গ্যাস থাকে এগুলো খুব দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়। তরল থেকে গ্যাসে পরিণত হতে গেলে বাষ্পীভবনের জন্য প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ দরকার হয়। ফলে শরীরের ত্বকের উপর থাকা তাপ বডি স্প্রের তরল শোষণ করে প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ নিয়ে দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়। এতে ত্বকের তাপমাত্রা হ্রাস পায় এবং ঠাণ্ডা অনুভূত হয়।

গ ২২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 9.8%

ঘ ২২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** এসি চালু করার পর কক্ষের আপেক্ষিক আর্দ্রতা হয় 45% যা পূর্বের চেয়ে কম এবং তাপমাত্রাও হ্রাস পায়। তাই অফিস কক্ষের লোকজন আরাম বোধ করলেন।

প্রশ্ন ▶ ৬২ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

একদল বিজ্ঞানী গবেষণার জন্য হিলিয়াম গ্যাস ভর্তি একটি বেলুনকে 60 m গভীর একটি হ্রদের তলদেশে নিয়ে ছেড়ে দিলেন। বেলুটি হ্রদের পৃষ্ঠদেশে আসলে এর ব্যাসার্ধ ২ গুণ হয়। হ্রদের পৃষ্ঠের তাপমাত্রা 30°C হলেও বিজ্ঞানীরা লক্ষ্য করলেন হ্রদের তলদেশে তাপমাত্রা অপেক্ষাকৃত কম। বায়ুমন্ডলের চাপ 10^5 Nm^{-2}।

ক. গড়মুক্ত পথ কাকে বলে? ১

খ. চলমান অবস্থায় গাড়ির চাকা অনেক সময় বিস্ফোরিত হয় কেন?– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. হ্রদের পৃষ্ঠে বেলুনে রক্ষিত গ্যাসের মূলগড় বর্গবেগের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তথ্য ব্যবহার করে ঐ হ্রদের তলদেশের তাপমাত্রা নির্ণয় করা সম্ভব কি না– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বকে গড় মুক্তপথ বলে।

খ টায়ারের অভ্যন্তরে অত্যাধিক বায়ুচাপের কারণে চলন্ত গাড়ির চাকা অনেক সময় বিস্ফোরিত হয়।

চলন্ত অবস্থায় গাড়ির টায়ার রাস্তার সাথে ঘর্ষণ অনুভব করে। এর ফলে তাপ উৎপন্ন হয়। এই তাপ টায়ারের ভিতরের বাতাসের তাপমাত্রা বাড়ায় এবং বাতাস প্রসারিত হয়ে অভ্যন্তরীণ চাপ বৃদ্ধি করে যা এক সময় অসহ পীড়ন সৃষ্টি করে।

এছাড়া উচ্চ গতির ড্রাইভিং গরম আবহাওয়াসহ বিভিন্ন কারণেই চলন্ত গাড়ির চাকা বিস্ফোরিত হতে পারে।

গ ২৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1374.53 ms^{-1}।

ঘ উদ্দীপক হতে,

বেলুনটি হ্রদের তলদেশ থেকে পৃষ্ঠে আনা হলে তার ব্যাসার্ধ 2 গুণ হয়।
যেহেতু বেলুনের আয়তন তার ব্যাসার্ধের ফলাফলের সমানুপাতিক ($V \propto r^3$)
সুতরাং বেলুনটির ব্যাসার্ধ 2 গুণ হলে, $r_2 = 2r_1$ হবে।

অর্থাৎ, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{r_2^3}{r_1^3}$

বা, $V_2 = V_1 \times \frac{(2r_1)^3}{r_1^3} = 8V_1$

আমরা জানি,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

বা, $\frac{(P_2 + h\rho g) \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times 8V_1}{303}$

বা, $\frac{(10^5 + 60 \times 1000 \times 9.8)}{T_1} = \frac{10^5 \times 8}{303}$

$\therefore T_1 = 260.58$ K

এখানে,
হ্রদের তলদেশের চাপ = P_1
হ্রদের তলদেশে বেলুনের আয়তন, $= V_1$
হ্রদের পৃষ্ঠের চাপ, $P_2 = 10^5$ Nm^{-2}
হ্রদের পৃষ্ঠের আয়তন, $V_2 = 8$ V
হ্রদের পৃষ্ঠে তাপমাত্রা,
$T_2 = 30°C = 303$ K
হ্রদের তলদেশে তাপমাত্রা,
$T_1 = ?$

অতএব, হ্রদের তলদেশের তাপমাত্রা 260.58 K। সুতরাং উদ্দীপকের তথ্য ব্যবহার করে ঐ হ্রদের তলদেশের তাপমাত্রা নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৮

কোনো একদিন ঢাকার তাপমাত্রা ছিল 35°C এবং এ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ 34.43mm পারদ চাপ ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70%। অপরদিকে কক্সবাজারের শিশিরাঙ্ক 12.7°C ও বায়ুর তাপমাত্রা 30.4°C। 12°C, 14°C, 28°C এবং 29°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 11.5 mm, 13.34 mm, 26.73 mm এবং 28.2 mm পারদ চাপ।

ক. প্রমাণ চাপের সংজ্ঞা লিখ।

খ. দ্বি পরমাণুক গ্যাসের একটি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা ৫ কেন– ব্যাখ্যা করো।

গ. ঐ দিন কক্সবাজারের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত ছিল?

ঘ. উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে ঢাকার শিশিরাঙ্ক নির্ণয় যাবে কি না– গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমুদ্রপৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে 273.15 K তাপমাত্রায় অবস্থিত 760 mm উচ্চতাবিশিষ্ট শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদস্তম্ভ দেয় তাকে প্রমাণ চাপ বলে।

খ কোনো গতিশীল সিস্টেমের অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ যতগুলো স্থানাংকের প্রয়োজন হয় তার সংখ্যাই হচ্ছে স্বাধীনতার স্বাধীনতার মাত্রার সংখ্যা = সিস্টেমের উপাদানগুলোর অবস্থান প্রকাশ করতে মোট প্রয়োজনীয় স্থানাংকের সংখ্যা এবং পরস্পরের ভেতর স্বতন্ত্র যে সম্পর্ক রয়েছে তার বিয়োগফলের একটি ডায়াটমিক বা দ্বি-পারমাণবিক গ্যাসের বেলায়, ১. তিনটি মাত্রায় (x, y এবং z অক্ষ) এই দ্বি-পারমাণবিক গ্যাসের অণু চলাফেরা করতে পারে, যা স্বাধীনতার 3টি মাত্রা নির্দেশ করে। ২. ডায়াটমিক অণু পরমাণুর সাথে সংযোগকারী রেখার লম্ব দুটি চারপাশে ঘুরতে পারে, যা স্বাধীনতার 2টি ঘূর্ণনশীল ডিগ্রীকে নির্দেশ

সুতরাং, একটি দ্বিপারমাণবিক গ্যাসের অণুর স্বাধীনতার মাত্রা 5।

গ ১৫(গ) নং প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 40.96%।

ঘ আমরা জানি,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা, } R = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ, } f}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, } F} \times 10$$

বা, $0.7 = \frac{f}{34.43 \text{ mm}}$

$\therefore f = 24.10$ mm (Hg)

এখানে,
কক্সবাজারে আপেক্ষিক আর্দ্রতা,
R = 70% = 0.7
বায়ুর তাপমাত্রায় (35°C)
জলীয় বাষ্পচাপ, F = 34.43
(Hg)

এখন, (28 – 14)°C বা 14°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্পৃক্ত জলীয় বৃদ্ধি পায় (26.73 – 13.34) বা 13.39mm (Hg)

$\therefore$ 13.39 mm(Hg) চাপ বৃদ্ধি পায় যখন তাপমাত্রা বাড়ে 14°C

1 mm (Hg) চাপ বৃদ্ধি পায় যখন তাপমাত্রা বাড়ে $\frac{14}{13.39}$ °C

(24.10 – 13.34) বা 10.76 mm (Hg) চাপ বৃদ্ধির জন্য বাড়ে $\frac{14 \times 10.76}{13.39}$ °C = 11.25°C

$\therefore$ শিশিরাঙ্ক, $\theta = (14 + 11.25)°C = 25.25°C$

সুতরাং, উদ্দীপকের তথ্যের আলোকে কক্সবাজারের শিশিরাঙ্ক করা যাবে ও এর মান হবে 25.25°C।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন

মাতারবাড়ি গভীর সমুদ্র বন্দরে জাহাজ চলাচলের জন্য পানির গভীরতা প্রয়োজন 30m। গভীরতার পরীক্ষায় ডুবুরি 1mol গ্যাস ভর্তি একটি বেলুন পানির তলদেশে নেওয়ায় বেলুনের হয়। পানির ঘনত্ব 1040 kgm^{-3} এবং বায়ুর চাপ 1.013 × 10

ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে?

খ. পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে যেকোন গভীরতায় কোন বস্তুর কিরূপ পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা করো।

গ. স্বাভাবিক তাপমাত্রায় সমুদ্রের পৃষ্ঠে বেলুনের গ্যাসের বর্গবেগ নির্ণয় করো।

ঘ. উল্লিখিত বন্দরে জাহাজ চলাচলে কোনো সমস্যা গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে, তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

খ আমরা জানি, পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে d গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$$

এখানে,
g = ভূপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ
R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ

অর্থাৎ গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান কমে। তাই বস্তুর ওজনও কমে যাবে। [যেহেতু $W = mg_d$]।

গ ২৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 477.8862 ms^{-1}।

ঘ আমরা জানি,

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $P_1V_1 = (P_1 + h\rho g)V_2$

বা, $P_1V_1 = (P_1 + h\rho g) \times \frac{V_1}{8}$

বা, $8P_1 = P_1 + h\rho g$

বা, $7P_1 = h\rho g$

বা, $h = \frac{7P_1}{\rho g}$

$= \frac{7 \times 1.013 \times 10^5}{1040 \times 9.8}$

$\therefore h = 69.57$ m

এখানে,

$V_2 = \frac{4}{3}\pi r_2^3 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d_2}{2}\right)^3$

$= \frac{4}{3}\pi.\left(\frac{1}{2}\right)^3.\left(\frac{d_1}{2}\right)^3$

$= \frac{1}{8}.\frac{4}{3}\pi r_1^3 = \frac{V_1}{8}$

বায়ুর চাপ, $P_1 = 1.013 \times 10^5\ Nm^{-2}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
পানি ঘনত্ব, $\rho = 1040\ kg\ m^{-3}$
গভীরতা, h = ?

জাহাজ চলাচলের জন্য ন্যূনতম গভীরতা প্রয়োজন 30 মিটার। গাণিতিকভাবে প্রাপ্ত গভীরতা ন্যূনতম গভীরতার তুলনায় বেশি হওয়ায় জাহাজ চলাচলে কোন সমস্যা হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক কলেজ, ঢাকা ৷ প্রশ্ন নং ৭

কোনো একদিন ধানমন্ডি হ্রদের উপরিতলে বায়ুর তাপমাত্রা 28°C, বায়ুমণ্ডীয় চাপ $10^5 Nm^{-2}$ এবং শিশিরাঙ্ক 10.5°C। হ্রদেও তলদেশের পানির তাপমাত্রা 7°C এবং পানির গড় ঘনত্ব 1000 kgm^{-3}। ঐদিন হ্রদটির তলদেশ হতে একটি বায়ু বুদবুদ পানির উপরিতলে উঠে আসায় এর ব্যাসার্ধ তিনগুণ হলো। 10°C, 11°C ও 28°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 9.2×10^{-3}m, 9.9×10^{-3} m ও 28.5×10^{-3} m পারদ চাপের সমান।

ক. পরম আর্দ্রতা কাকে বলে? ১
খ. আকাশ মেঘলা থাকলে শিশির পড়ে না কেন? ২
গ. ঐ দিন ধানমণ্ডি এলাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. তাপমাত্রার পরিবর্তন বিবেচনায় নিয়ে হ্রদটির গভীরতা নির্ণয় করা সম্ভব– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানের বাতাসে প্রতি ঘনমিটারে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে তাকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে।

খ দিনের বেলায় সূর্যের তাপে ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বাতাস গরম থাকে এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে। মেঘহীন রাত্রিতে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠাণ্ডা হতে থাকে এবং পরিশেষে এমন একটি তাপমাত্রায় উপনীত হয় যখন বাতাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির জমে।

কিন্তু আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকলে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠাণ্ডা হতে পারে না। কারণ মেঘ তাপরোধী পদার্থ বলে ভূপৃষ্ঠ হতে বিকিরণজনিত তাপ পরিবাহিত হতে পারে না। ফলে ভূপৃষ্ঠ তথা ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ঠাণ্ডা হয় না এবং শিশির জমে না।

গ ১৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 33.5%।

ঘ ২৬(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা ৷ প্রশ্ন নং ৭

একজন আবহাওয়াবিদ দৈনিক প্রতিবেদন তৈরির জন্য একদিন ঢাকা এবং রাজশাহীতে স্থাপিত দুটি সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব আর্দ্রতা মাপক যন্ত্রের মাধ্যমে নিম্নের উপাত্তগুলো সংগ্রহ করলেন।

স্থান	শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটার এর পাঠ	সিক্ত বাল্ব থার্মোমিটার এর পাঠ	বায়ুর তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদকের মান
ঢাকা	28.6°C	20°C	1.664
রাজশাহী	32.5°C	22°C	1.625

[14°C, 16°C, 28°C, 30°C, 32°C এবং 34°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 11.99, 13.63, 28.35, 35.66 এবং 39.90 mm HgP] স্বাস্থ্যের জন্য আপেক্ষিক আর্দ্রতার স্বাচ্ছন্দ্যকর মান হলো 40% থেকে 60% পর্যন্ত।

ক. আর্দ্রতামিতি কাকে বলে? ১
খ. আবদ্ধ স্থানে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে শিশিরাঙ্ক বাড়ে নাকি কমে? ব্যাখ্যা দাও। ২
গ. ঐ দিন ঢাকায় শিশিরাঙ্ক কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কোনো ব্যক্তি কোথায় অধিকতর স্বস্থি বোধ করেন? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থবিজ্ঞানের যে শাখায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্ণয় করা হয় তাকে আর্দ্রতামিতি বলে।

খ শিশিরাঙ্ক হলো সেই তাপমাত্রা যে তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু এতে বিদ্যমান জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে যেহেতু জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় না সেহেতু আবদ্ধ স্থানে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে শিশিরাঙ্কের কোনো পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ, শিশিরাঙ্ক একই থাকবে।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 14.29°C।

ঘ ২০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর ৷ প্রশ্ন নং ৮

একটি বায়ুপূর্ণ বেলুনকে একটি হ্রদের 40.81 m গভীরতায় নিয়ে যাওয়ায় সেটি 1 লিটার আয়তন ধারণ করলো। হ্রদের তলদেশে আরও 1 লিটার বায়ু প্রবেশ করে ছেড়ে দেওয়া হলো। বেলুনের সর্বোচ্চ প্রসারণ ক্ষমতা 10 L.

ক. কৃত্রিম উপগ্রহ কী? ১
খ. বস্তুর ভরবেগ 150% বৃদ্ধি করলে গতিশক্তি কী পরিমাণ বৃদ্ধি পায়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. নিমজ্জনের পূর্বে উদ্দীপকের বেলুনের আয়তন কত ছিল? ৩
ঘ. পানির উপরিতলে বেলুনটি অক্ষত অবস্থায় পৌছাবে কি? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মানুষের পাঠানো যেসব বস্তু বা মহাকাশযান পৃথিবীকে কেন্দ্র করে নির্দিষ্ট কক্ষপথে ঘোরে তাদের কৃত্রিম উপগ্রহ বলে।

খ একটি বস্তুর ভর m, ভরবেগ p এবং গতিশক্তি K হলে, $K = \frac{p^2}{2m}$।

এখন, বস্তুর ভর m এর মান ধ্রুবক রেখে ভরবেগ 150% বৃদ্ধি করলে পরিবর্তিত ভরবেগ $p' = 2.5p$

$\therefore$ পরিবর্তিত গতিশক্তি, $K' = \frac{(2.5p)^2}{2m} = \frac{6.25p^2}{2m}$

$\therefore$ গতিশক্তির পরিবর্তন,

$\Delta K = K' - K$

$\Delta K = \frac{6.25p^2}{2m} - \frac{p^2}{2m}$

$\Delta K = \frac{5.25p^2}{2m}$

বা, $\frac{\Delta K}{K} = 5.25$

$\therefore \frac{\Delta K}{K} \times 100\% = 525\%$

অর্থাৎ গতিশক্তি 525% বৃদ্ধি পাবে।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নিমজ্জনের পূর্বের আয়তন, $V_1 = 4.94$ L

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বেলুনটি হ্রদের উপরিতলে আসলে এর আয়তন হবে, $V = 9.89 \text{ L} < 10 \text{ L}$ (সর্বাধিক প্রসারণ ক্ষমতা)

∴ পানির উপরিতলে বেলুনটি অক্ষত অবস্থায় পৌছাবে।

প্রশ্ন ▸ ৬৮ রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, গাজীপুর ▌প্রশ্ন নং ৮

কোনো একদিন শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব আর্দ্রতা মাপক হাইগ্রোমিটারে শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা 30°C এবং সিক্ত বাল্বের তাপমাত্রা 24°C পাওয়া গেল। 22°C, 24°C এবং 30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 19.83, 22.38 এবং 31.83 mm Hg চাপ এবং 30°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদকের মান 1.65।

ক. বয়েলের সূত্রটি বিবৃত করো। ১
খ. কখন ঘরের তাপমাত্রা ও শিশিরাঙ্ক একই হয়? ২
গ. শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ঐদিনের বৃষ্টিপাতের সম্ভাবনা কতটুকু? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বয়েলের সূত্র: স্থির তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন এর চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

খ যখন ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা শতভাগ হবে তখন শিশিরাঙ্ক ও ঘরের তাপমাত্রা সমান হবে। আমরা জানি, যে তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু এর মধ্যে অবস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, সে তাপমাত্রাকে শিশিরাঙ্ক বলে। আপেক্ষিক আর্দ্রতা শতভাগ বা 100% হলে, বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প সম্পৃক্ত হবে। তখন শিশিরাঙ্ক ও বায়ুর তাপমাত্রা সমান হবে।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 20.1°C

ঘ ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ঐদিন আপেক্ষিক আর্দ্রতা ছিল 54.68%। যা বৃষ্টি হওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় আপেক্ষিক আর্দ্রতা 80% অপেক্ষা কম। তাই বৃষ্টিপাতের সম্ভাবনা কম।

প্রশ্ন ▸ ৬৯ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▌প্রশ্ন নং ৮

কোন স্থানে একদিন শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব হাইগ্রোমিটারে পাঠ যথাক্রমে 20°C এবং 12.8°C পাওয়া গেল। 20°C তাপমাত্রায় গ্লেসিয়ারের উৎপাদক 1.79। 7°C, 8°C এবং 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 7.5×10^{-3}, 8.1×10^{-3} এবং 17.4×10^{-3} mHg চাপ। ঐদিন দিবাগত রাতের তাপমাত্রা 5°C এ নেমে এলো। 5°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ 4.0×10^{-3} mHg চাপ।

ক. সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কাকে বলে? ১
খ. গরমের দিনে সাদা কাপড় কিন্তু শীতের দিনে রঙিন কাপড় পরা আরামদায়ক কেন– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ঐদিনের শিশিরাঙ্ক কত নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা এবং দিবাগত রাতে ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্ণয়সহ আবহাওয়া সম্পর্কে তোমার মতামত ব্যাখ্যা করো। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানে বায়ু সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে সেই পরিমাণ বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।

খ গরমের দিনে সাদা কাপড় আরামদায়ক। কারণ সাদা রঙ সূর্যের আলো বেশি প্রতিফলন করে এবং কম তাপ শোষণ করে। তাই শরীর ঠান্ডা থাকে। আবার শীতের দিনে রঙিন কাপড় পরা আরামদায়ক। কারণ রঙিন কাপড় বেশি পরিমাণে সূর্যের আলো শোষণ করে ও প্রতিফলিত করে। এছাড়া রঙিন কাপড় তাপ বিকিরণ কম করে, শরীর থেকে সহজে তাপ বের হয় না এবং শরীরের উষ্ণতা বজায় থাকে।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 7.112°C।

ঘ 'গ' থেকে পাই, ঐ দিনের শিশিরাঙ্ক $\theta = 7.112°C$

(8-7) বা 1°C তাপমাত্রার পার্থক্যে বাষ্পচাপের পার্থক্য $(8.1 \times 10^{-3} -$
$7.5 \times 10^{-3}) = 0.6 \times 10^{-3}$ mHg চাপ

∴ (7.112 – 7) বা 0.112° তাপমাত্রার পার্থক্যে বাষ্পচাপের পার্থক্য
$0.6 \times 10^{-3} \times 0.112$ mHg $= 6.72 \times 10^{-5}$ mHg.

∴ শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, $f = (7.5 \times 10^{-3} + 6.72 \times 10^{-5})$ mHg
$= 7.5672 \times 10^{-3}$ mHg চাপ

বায়ুর তাপমাত্রা 20°C এ সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, $F = 17.4 \times 10^{-3}$ mHg

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা, } R = \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{7.5672 \times 10^{-3}}{17.4 \times 10^{-3}} \times 100\% = 43.49\%$$

আবার, জলীয় বাষ্পের চাপ জলীয় বাষ্পের ভরের সমানুপাতিক।

∴ 20°C তাপমাত্রায় উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর, $m_1 = KF$ [K সমানুপাতিক
$= 17.4 \times 10^{-3}$ K gm

5°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, $P = 4 \times 10^{-3}$ mHg

∴ 5°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ভর, $m_2 = KP$
$= 4 \times 10^{-3}$ K

ঐদিন দিবাগত রাতে তাপমাত্রা কমে 5°C হওয়ায় কিছু পরিমাণ বাষ্প ঘনীভূত হবে এবং বায়ু অবস্থিত বাষ্প দিয়ে সম্পৃক্ত থাকবে।

∴ ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ,

$$\Delta m = m_1 - m_2 = (17.4 \times 10^{-3}\text{K} - 4 \times 10^{-3}\text{ K}) \text{ gm} = 13.4 \times 10^{-3} \text{ K gm}$$

$$\therefore \text{ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের শতকরা পরিমাণ} = \frac{\Delta m}{m_1} \times 100\% = \frac{13.4 \times 10^{-3} \text{ K}}{17.4 \times 10^{-3} \text{ K}} \times 100\% = 77\%$$

যেহেতু ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 43.49% এবং থার্মোমিটার দুইটির পাঠের পার্থক্য বেশি, তাই বলা যায়, আবহাওয়া শুষ্ক থাকবে।

প্রশ্ন ▸ ৭০ কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং

একটি পাত্র বিশুদ্ধ পানি দ্বারা পূর্ণ করা হল। পাত্রের গভীরতা 1 m। 0.0 m^3 আয়তনের একটি বায়ু বুদবুদ পাত্রের তলদেশ থেকে উপরে এলো পাত্রটি অন্য একটি তরলে পূর্ণ করা হলে বুদবুদ তলদেশ থেকে উপরে আসলে এর আয়তন দ্বিগুণ হয়ে যায়। তরল পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 N m^{-2}।

ক. আদর্শ গ্যাস কাকে বলে?
খ. কোন একদিনের শিশিরাংক 15°C বলতে কী বোঝ?
গ. বিশুদ্ধ পানির ক্ষেত্রে পাত্রের উপরি পৃষ্ঠে বুদবুদের নির্ণয় করো।
ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত তরলের ঘনত্ব পানির ঘনত্বের গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের মেনে চলে, তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

খ কোনো স্থানের শিশিরাঙ্ক 15°C বলতে বুঝায়, ঐ স্থানে 15°C তাপমাত্রায় উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা উক্ত স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত এবং তা ঘনীভূত হয়ে শিশির জমতে শুরু করবে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $V_1 = 0.0549$

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** অন্য তরলের $\rho_2 = 10204.08$ kgm^{-3} এবং এটির ঘনরত্ব পানির তুলনায় $\frac{10204.08}{1000}$ 10.2 গুণ বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৭১ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৭

সমান আয়তনের A ও B পাত্রে ভিন্ন ভিন্ন দ্বিপরমানুক গ্যাস আছে। এখানে ঘনত্ব $\rho_B = 2\rho_A$

A	B
P = 3 atm T = 25°C	P = 3.66 atm T = 30°C

ক. শিশিরাংক কী? ১

খ. মেঘলা রাত্রি শিশির জমার সহায়ক নয় কেন? ২

গ. A পাত্রের গ্যাসের গড় গতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. পাত্র দুটির মুখ খুলে দিলে কোন পাত্রের গ্যাস প্রথমে খালি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে।

খ দিনের বেলায় সূর্যের তাপে ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বাতাস গরম থাকে এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে। মেঘহীন রাত্রিতে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে থাকে এবং পরিশেষে এমন একটি তাপমাত্রায় উপনীত হয় যখন বাতাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির জমে।

কিন্তু আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকলে ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে পারে না। কারণ মেঘ তাপরোধী পদার্থ বলে ভূপৃষ্ঠ হতে বিকিরণজনিত তাপ পরিবাহিত হতে পারে না। ফলে ভূপৃষ্ঠ তথা ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ঠান্ডা হয় না এবং শিশির জমে না।

গ এখানে গড় গতিশক্তি বলতে প্রতিটি গ্যাস অণুর গড় গতিশক্তি বুঝানো হয়েছে।

A পাত্রের প্রতি মোল গ্যাসের গতিশক্তি,

$$E = \frac{f}{2}RT$$

$$= \frac{5}{2} \times 8.314\ \text{J·mol}^{-1}\text{·K}^{-1} \times 298\ \text{K}$$

$$= 6196.93\ \text{J·mol}^{-1}$$

এখানে,
দ্বি পরমাণুক গ্যাসের স্বাধীনতার মাত্রা, $f = 5$
A পাত্রের তাপমাত্রা, $T = 25°\text{C} = 298\text{K}$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314\ \text{Jmol}^{-1}\ \text{K}^{-1}$

সুতরাং প্রতিটি গ্যাস অণুর গড় গতিশক্তি $= \dfrac{E}{N_A}$

$$= \frac{6196.93\ \text{J mol}^{-1}}{6.023 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}}$$

$$= 1.028 \times 10^{-20}\ \text{J}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ পাত্র দুটির মুখ খুলে দিলে যে পাত্রের গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ (C_{rms}) বেশি হবে, সেই পাত্রের গ্যাস প্রথমে খালি হবে।

আমরা জানি, বর্গমূল গড় বর্গবেগ

$$C_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

∴ A পাত্রের ক্ষেত্রে,

$$C_{rms_A} = \sqrt{\frac{3P_A}{\rho_A}} \ldots\ldots\ldots\text{(i)}$$

ও B পাত্রের ক্ষেত্রে,

$$C_{rms_B} = \sqrt{\frac{3P_B}{\rho_B}} \ldots\ldots\ldots\text{(ii)}$$

এখানে,
A পাত্রের চাপ, $P_A = 3\text{atm}$
তাপমাত্রা, $T_1 = 25°\text{C} = 298\text{K}$
B পাত্রের চাপ, $P_B = 3.66\text{atm}$
তাপমাত্রা, $T_2 = 30°\text{C} = 303\text{K}$

(i) ÷ (ii) করে পাই,

$$\frac{C_{rms_A}}{C_{rms_B}} = \frac{\sqrt{\frac{3P_A}{\rho_A}}}{\sqrt{\frac{3P_B}{\rho_B}}} = \sqrt{\frac{P_A}{P_B} \times \frac{\rho_B}{\rho_A}}$$

[দেওয়া আছে, ঘনত্বের সম্পর্ক, $\rho_B = 2\rho_A$]

$$= \sqrt{\frac{3}{3.66} \times \frac{2\rho_A}{\rho_A}} = \sqrt{\frac{3 \times 2}{3.66}} = 1.28$$

$$\therefore C_{rms_A} = 1.28\ C_{rms_B}$$

সুতরাং, A পাত্রের গ্যাস অণুর বর্গমূল গড় বর্গবেগ B পাত্রের গ্যাস অণুর চেয়ে বেশি। তাই পাত্র দুটির মুখ খুলে দিলে A পাত্রের গ্যাস প্রথমে খালি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭২ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ মোমেনশাহী, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৮

A স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 30°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60%। B স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা ও শিশিরাংক যথাক্রমে 32°C ও 22.8°C। 32°C, 30°C, 22°C, 20°C ও 18°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ যথাক্রমে 36.3 mm, 34.8 mm, 24.5 mm, 21.5 mm ও 20.6 mm পারদ চাপ।

ক. গ্যাসের মূল গড় বর্গবেগ কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রার সাথে ঘনত্বের পরিবর্তন– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. A স্থানের শিশিরাংক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. A ও B স্থানের মধ্যে ভ্রমণের জন্য কোনটি অধিক উপযোগী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাস অণূগুলোর বেগের বর্গের গড়মানের বর্গমূলকে মূল গড় বর্গবেগ বলে।

খ ধরি, কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ভর m, স্থির চাপে T_1 পরম তাপমাত্রায় গ্যাসটির আয়তন V_1 ও ঘনত্ব ρ_1 এবং T_2 পরম তাপমাত্রায় আয়তন V_2 ও ঘনত্ব ρ_2।

এখন, ঘনত্বের সূত্রানুসারে, আয়তন $V_1 = \dfrac{m}{\rho_1}$ এবং $V_2 = \dfrac{m}{\rho_2}$

চার্লসের সূত্রানুসারে, আমরা পাই,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\therefore \frac{m}{\rho_1 T_1} = \frac{m}{\rho_2 T_2}$$

বা, $\rho_1 T_1 = \rho_2 T_2$

∴ $\rho_1 T_1 =$ ধ্রুবক

অর্থাৎ, $\rho \propto \dfrac{1}{T}$; যখন চাপ ও ভর স্থির থাকে।

অর্থাৎ কোনো গ্যাসের ঘনত্ব তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 18.62°C।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** B স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 62.5%; যা A স্থানের চেয়ে বেশি। যেহেতু A স্থানে বায়ুর তাপমাত্রা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা উভয়ই কম, তাই A স্থান ভ্রমণের জন্য অধিক উপযোগী।

প্রশ্ন ▶ ৭৩ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৮

স্থান	শুষ্ক বালব	সিক্ত বালব	বায়ুর তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক
সিলেট	32°C	25°C	1.63
কুয়াকাটা	33°C	27°C	1.62

20°C, 22°C, 24°C, 32°C এবং 34°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প যথাক্রমে 17.54 mm, 19.83 mm, 22.38 mm, 35.66 mm, 39.90 mm পারদ চাপ।

ক. প্রমাণ তাপমাত্রা কাকে বলে? ১

খ. একই জাতীয় দুটি ভেক্টরের যোগফল ও বিয়োগফল সমান হতে পারে কী? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত দিনে সিলেটের শিশিরাংক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উক্ত দিনে বেড়ানোর জন্য কোন স্থানটিকে অগ্রাধিকার দেওয়া উচিত? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় প্রমাণ চাপে বরফ গলে পানিতে পরিণত হয়, তাকে প্রমাণ তাপমাত্রা বলে। সেলসিয়াস স্কেলে এটি 0°C।

খ একই জাতীয় দুটি ভেক্টরের যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হতে পারে।

দুটি ভেক্টর $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ θ হলে $\vec{A}$ ও $-\vec{B}$ এর মধ্যবর্তী কোণ $\pi - \theta$ হবে।

$\vec{A}$ ও $\vec{B}$ এর যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হলে,

$|\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A} - \vec{B}|$

বা, $\sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta} = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos(\pi - \theta)}$

বা, $A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta = A^2 + B^2 + 2AB\cos(\pi - \theta)$

বা, $\cos\theta = \cos(\pi - \theta)$

$\therefore \theta = \pi - \theta$

$\therefore \theta = \frac{\pi}{2}$

অর্থাৎ, দুটি ভেক্টরের মধ্যবর্তী কোণ $\frac{\pi}{2}$ হলে, ভেক্টর দুটির যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হবে।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর;** 20.59°C।

ঘ ২০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** সিলেটের আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_1 = 51.08\%$; কুয়াকাটায় আপেক্ষিক আর্দ্রতা $R_2 = 56.8\%$; যেহেতু $R_1 < R_2$ তাই সিলেটে বেশি স্বস্তিবোধ করবে। তাই বেড়ানোর জন্য সিলেটকে অগ্রাধিকার দেওয়া উচিত।

প্রশ্ন ▶ ৭৪ সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া ▌প্রশ্ন নং ৮

আজিজুল হক কলেজের পুরাতন ভবনের 301 নং ক্লাস রুমের শীতাতপ নিয়ন্ত্রক যন্ত্রের গায়ে নিম্নোক্ত তথ্য দেয়া আছে।

Input	30°C	R = 90%
Output	20°C	R= 50%

কোনো একদিন যান্ত্রিক ত্রুটি দেখা দেওয়ায় যন্ত্রের পানি নিষ্কাশন হঠাৎ বন্ধ হয়ে যায়।

30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব 30 g/m³

20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব 24 g/m³

ক. গড়মুক্ত পথ কী? ১

খ. summer-এ একই তাপমাত্রায় বগুড়া ও কক্সবাজারের মধ্যে কোথায় তুমি ভালো ফিল করবা? কেন? ২

গ. যান্ত্রিক ত্রুটির পূর্বে বায়ুর বাষ্প ঘনত্ব কত ছিল? ৩

ঘ. 100 m³ আয়তনের কক্ষটিতে জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে 2 kg পানি জমা হবে কি? উত্তরের স্বপক্ষে গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বকে গড় মুক্তপথ বলে।

খ Summer-এ বগুড়ার চেয়ে কক্সবাজারের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি। অস্বস্তি লাগার বিষয়টি তাপমাত্রার উপর সরাসরি নির্ভর করে না বরং আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। পরিবেশের তাপমাত্রা বেড়ে গেলে শরীর ঘাম উৎপন্ন করে তা বাষ্পীভবনের মাধ্যমে দেহ হতে তাপ বর্জনের চেষ্টা করে। কিন্তু বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি হলে খুব অল্প পরিমাণ ঘাম বাতাস কর্তৃক শোষিত হয়। এতে দেহ প্রয়োজনীয় পরিমাণ তাপ ছাড়তে না পারায় চরম অস্বস্থি অনুভব করে। যেহেতু কক্সবাজারের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি তাই সেখানে বেশি অস্বস্তি লাগে। তাই বগুড়ায় আমি ভালো ফিল করব।

গ উদ্দীপক হতে,

প্রাথমিক অবস্থায় তাপমাত্রা, $T_1 = 30°C$

আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_1 = 90\%$

সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব, $\rho_{s_1} = 30\ g/m^3$

$\therefore$ প্রকৃত বাষ্প ঘনত্ব, $\rho_1 = (R_1 \times \rho_{s_1})/\ 100$
$= (90 \times 30)/\ 100$
$= 27\ g/m^3$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, তাপমাত্রা, $T_2 = 20°C$

আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_2 = 50\%$

সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব, $\rho_{s_2} = 24\ g/m^3$

$\therefore$ প্রকৃত বাষ্প ঘনত্ব, $\rho_2 = (R_2 \times \rho_{s_2})/\ 100$
$= (50 \times 24)/\ 100$
$= 12\ g/m^3$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,

ঠাণ্ডা হওয়ার আগে বাতাসে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ ছিল 27 g/m³

ঠাণ্ডা হবার পরে সেই ঘনত্ব 12 g/m³।

$\therefore$ অতিরিক্ত পানি ঘনীভূত হবে $= (27 - 12) = 15\ g/m^3$

এখন, 100 m³ আয়তনের কক্ষে জলীয় বাষ্প মোট ঘনীভূত হবে
$= (15 \times 100)\ g$
$= 1500\ g = 1.5\ kg$

সুতরাং, 100 ঘনমিটার আয়তনের কক্ষটিতে জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হ kg পানি জমা হবে না, তুলানমূলক কম জমা হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৫ পল্লী উন্নয়ন একাডেমী ল্যাবরেটরী স্কুল ও কলেজ, বগুড়া ▌প্রশ্ন ন

২০২৫ সালের মার্চের ২০ তারিখ চট্টগ্রাম ও রংপুর হতে নির্ উপাত্তগুলো সংগ্রহ করা হলো।

স্থান	শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ	সিক্ত বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ	বায়ুর তাপমাত্র গ্লেইসারের উৎপাদক (G
কক্সবাজার	28.5°C	20°C	1.664
কুড়িগ্রাম	32.5°C	22°C	1.625

14°C, 16°C, 28°C, 30°C, 32°C, 34°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 11.99, 13.63, 28.35, 31.83, 35.66 ও 3 mmHg

ক. শিশিরাঙ্ক কাকে বলে?

খ. আজ বগুড়ার আপেক্ষিক আর্দ্রতা 40% বলতে কি বুঝ? ব করো।

গ. কক্সবাজারের শিশিরাংক কত? নির্ণয় করো।

ঘ. উপরোক্ত তথ্য মতে তুমি কোথায় বেশি স্বস্থিবোধ ক গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তাতে উপস্থিত জ বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে।

খ কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 40% -এর দ্বারা বোঝা যায়

i. ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের ঐ ব সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন তার শত 40 ভাগ জলীয় বাষ্প বায়ুতে আছে।

ii. বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের 100 ভাগের 40 ভা

গ ২০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৭৬ দিনাজপুর সরকারি কলেজ ▌প্রশ্ন ন

কোনো একদিন রংপুরে আর্দ্রতামাপক যন্ত্রে শুষ্ক বাল্বের পাঠ 25°C শিশিরাংক 10.5°C। ঐ একই দিনে দিনাজপুরের বায়ুর ত রংপুরের বায়ুর তাপমাত্রার সমান এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% ও 26°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক যথাক্রমে 1.72 ও 17°C, 19°C ও 25°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ য 14.52 mm Hg, 16.46 mm Hg ও 23.69 mm Hg।

ক. স্বাধীনতার মাত্রা কী?

খ. আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের সাহায্যে কীভাবে আবহাওয়ার পূ পাওয়া যায়– ব্যাখ্যা করো।

গ. রংপুরে আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের সিক্ত বালবের পাঠ কত?

ঘ. উল্লিখিত স্থানদ্বয়ে শিশিরাংক একই হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা বা অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

খ একটি আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের সাহায্যে বাতাসের আর্দ্রতা পরিমাপ করা যায়, এই আর্দ্রতার পরিমাণ দেখে আমরা আবহাওয়া সম্পর্কে ধারণা পেতে পারি।

১. হঠাৎ আর্দ্রতা বৃদ্ধি (80 – 90% এর উপর) প্রায়ই ঝড় বা বৃষ্টিপাতের ইঙ্গিত দেয়।

২. কম আর্দ্রতা (30 – 40% এর নিচে) গরম, রৌদ্রোজ্জ্বল বা খরার ইঙ্গিত দিতে পারে।

৩. কুয়াশাচ্ছন্ন আবহাওয়ার পূর্বাভাসও এই যন্ত্রের দ্বারা পাওয়া সম্ভব।

৪. ঋতু পরিবর্তন, যেমন– গ্রীষ্ম বা শীতের আগমন বুঝতেও এই যন্ত্র ব্যবহার করা যেতে পারে। আর্দ্রতা বৃদ্ধি গ্রীষ্মকালের আগমনকে ইঙ্গিত করে।

গ 24°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক, $G_1 = 1.72$

26°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক, $G_2 = 1.69$

$\therefore$ (26-24)°C বা, 2°C এর পার্থক্যে গ্লেইসারের উৎপাদকের পার্থক্য = $(G_2 - G_1) = (1.72 - 1.69) = 0.03$

$\therefore$ 1°C এর পার্থক্যে গ্লেইসারের উৎপাদকের পার্থক্য $= \dfrac{0.03}{2} = 0.015$

$\therefore$ 25°C এ গ্লেইসারের উৎপাদক, $G = 1.72 + 0.015 = 1.735$

আমরা জানি,

$\theta_1 - \theta = G(\theta_1 - \theta_2)$

বা, $25 - 10.5 = 1.735(25 - \theta_2)$

বা, $25 - \theta_2 = \dfrac{14.5}{1.735}$

বা, $25 - \theta_2 = 8.357$

$\therefore \theta_2 = 16.64°\text{C}$ **(Ans.)**

এখানে,
শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা,
$\theta_1 = 25°\text{C}$
শিশিরাঙ্ক, $\theta = 10.5°\text{C}$
সিক্ত বাল্বের পাঠ, $\theta_2 = ?$

ঘ দেওয়া আছে,

দিনাজপুরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R_c = 70\%$

দিনাজপুরের বায়ুর তাপমাত্রা 25°C

$\therefore$ 25°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপ, $F = 23.69$ mm Hg

শিশিরাংকে সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ = f

এখন, $R = \dfrac{f}{F} \times 100\%$

বা, $70 = \dfrac{f}{23.69} \times 100$

$\therefore f = 16.583$ mm Hg

জলীয়বাষ্প চাপ (23.69 – 16.46) mm Hg পরিবর্তন হয় (25 – 19) বা 6°C এর জন্য

$\therefore$ জলীয়বাষ্প (16.583 – 16.46) mm Hg পরিবর্তন হয়,

$\dfrac{6}{(23.69 - 16.46)} \times (16.583 - 16.46)$

$= 0.102°\text{C}$ এর জন্য।

$\therefore$ শিশিরাঙ্ক = (19 + 0.102) °C = 19.102°C। কিন্তু রংপুরের শিশিরাঙ্ক 10.5°C।

অর্থাৎ, দিনাজপুর ও রংপুরের শিশিরাংক একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৭ সোনার বাংলা কলেজ, কুমিল্লা I প্রশ্ন নং ৫

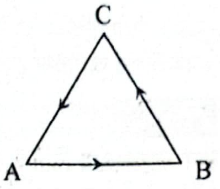
কোন একদিন কুয়াকাটায় একটি আর্দ্রতামাপক যন্ত্রে আর্দ্র ও শুষ্ক থার্মোমিটার পাঠ পাওয়া গেল যথাক্রমে 25°C ও 28°C। এখানে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% এর কাছাকাছি হলেই বৃষ্টিপাত শুরু হয়। 20°C, 24°C ও 28°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ যথাক্রমে 19.83×10^{-3} m, 22.38×10^{-3} m এবং 28.35×10^{-3} m পারদ চাপ। 28°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক 1.67।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. তিনটি ভেক্টরের লব্ধি কখন শূন্য হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ঐ দিন শিশিরাংক কত ছিল? ৩
ঘ. উক্ত দিনে কুয়াকাটায় বৃষ্টি হয়েছিল কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ তিনটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হয় যখন কোনো ত্রিভুজের তিনটি বাহু একইক্রমে তিনটি ভেক্টরকে মানে ও দিকে নির্দেশ করে। চিত্রে ΔABC এর ক্ষেত্রে $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{BC}$ ও $\overrightarrow{CA}$ ভেক্টরের লব্ধি হবে $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CA} = \vec{0}$।



গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 22.99°C।

ঘ ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৭৮ চট্টগ্রাম কলেজ I প্রশ্ন নং ৮

চলমান তীব্র তাপদাহে একটি অফিসে এসি চালিয়ে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 40% রাখার ব্যবস্থা করা হয়। কিন্তু একদিন যান্ত্রিক গোলযোগ দেখা দেয়। ঐ দিন শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব হাইগ্রোমিটার পাঠ দিচ্ছে যথাক্রমে 23°C এবং 15.8°C। গ্লেইসার উৎপাদক 23°C এ 1.74। 10°C, 11°C এবং 23°C এ সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 9.2, 9.86 এবং 21.105 mmHg

ক. গড় মুক্তপথ কাকে বলে? ১
খ. কম চাপে এবং বেশি তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. ঐ দিনের শিশিরাঙ্ক কত ছিল? ৩
ঘ. ঐ দিন অফিসের কর্মকর্তাগণ কোন অসুবিধা বোধ করেছেন কিনা? বিশ্লেষণের মাধ্যমে বুঝিয়ে দাও। ৪

৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যাসের অণুগুলোর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী অতিক্রান্ত গড় দূরত্বকে গড় মুক্তপথ বলে।

খ কম চাপে এবং বেশি তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে। কারণ গ্যাসের তাপমাত্রা যত বেশি হয় এবং চাপ যত কম হয়, গ্যাসের আয়তন তত বেশি হয়। গ্যাসের আয়তন বেশি হলে এর তুলনায় গ্যাস অনুসমূহের মোট আয়তন নগণ্য হয়। এছাড়াও উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্ন চাপে গ্যাস অনুসমূহের মধ্যকার আন্ত:আনবিক আকর্ষণ বল হ্রাস পায়। ফলে বাস্তব গ্যাস তখন আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।

গ ৩ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 10.472°C।

ঘ আমরা জানি, গ্লেইসারের সূত্রানুসারে,

$\theta_1 - \theta = G(\theta_1 - \theta_2)$

বা, $\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$

বা, $\theta = 23 - 1.74(23 - 15.8)$

$\therefore \theta = 10.472°\text{C}$

অর্থাৎ শিশিরাঙ্ক 10.472°C

এখন (11 – 10)°C বা, 1°C তাপমাত্রা পার্থক্যের জন্য সম্পৃক্ত বাষ্পচাপের পার্থক্য = (9.86 – 9.2) = 0.66 mmHg

$\therefore$ 0.472°C তাপমাত্রার জন্য সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ হবে (0.66 × 0.472) = 0.31152 অতএব 10.472°C তাপমাত্রায়

এখানে,
শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা,
$\theta_1 = 23°\text{C}$
সিক্ত বাল্বের তাপমাত্রা,
$\theta_2 = 15.8°\text{C}$
গ্লেইসারের উৎপাদক,
$G = 1.74$
শিশিরাঙ্ক, $\theta = ?$
10°C এ সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ,
$f_{10} = 9.2$ mmHg
11°C এ সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ

সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, $f = (9.2 + 0.31152)$
$= 9.51152$ mmHg

$f_{11} = 9.86$ mmHg
23°C এ সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ
$f_{23} = 21.105$ mmHg
আপেক্ষিক অদ্রর্তা, $R = ?$

এখন, আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = \frac{f}{F} \times 100\%$

$$= \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ}} \times 100\%$$

$$= \frac{9.51152}{21.105} \times 100\% = 45\%$$

সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব বেশি না হওয়ায় ঐ দিন অফিসের কর্মকর্তাগণ অসুবিধা বোধ করেন নি।

প্রশ্ন ▶ ৭৯ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৮

কক্ষ তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট কোন স্থানে $0.6 m^3$ আয়তনের একটি সিলিন্ডারে 800 gm মিথেন (CH_4) গ্যাসকে 202650 Pa চাপে পূর্ণ করা হল। শিক্ষক তাঁর ছাত্রদের বললেন ঐ স্থানের শিশিরাঙ্ক 11.5°C এবং স্থানটির আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60% এর উপর থাকলেই বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। 11°C, 12°C, 19°C ও 20°C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ যথাক্রমে 9.84 mm (Hg), 10.52 mm (Hg), 16.46 mm (Hg) ও 17.54 mm (Hg) পাওয়া গেল। মিথেনের আণবিক ভর 16 gm/ mole.

ক. শক্তির সমবিভাজন নীতিটি বিবৃত করো। ১
খ. শিশিরাঙ্ক ও বাতাসের তাপমাত্রা সমান হলে বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হয়– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ঐ স্থানের কক্ষ তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের স্থানে বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা আছে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শক্তির সমবিভাজন নীতিটি হলো– তাপীয় সাম্যবস্থায় আছে এমন গতীয় সিস্টেমের মোট শক্তি বিভিন্ন স্বাধীনতার মাত্রার ভেতর সমভাবে বণ্টিত হয় এবং প্রত্যেক স্বাধীনতার মাত্রা পিছু শক্তির পরিমাণ হয় $\frac{1}{2}kT$।

খ আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা থেকে আমরা জানি, শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ ও বায়ুর তাপমাত্রার সম্পৃক্ত বাষ্পচাপের অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে। অর্থাৎ $R = \frac{f}{F} \times 100\%$ আপেক্ষিক আর্দ্রতা দ্বারা বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বোঝায়। তাই শিশিরাঙ্ক ও বায়ুর তাপমাত্রা একই হলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা তখন 100% হবে।

গ আমরা জানি,

$PV = nRT$

বা, $T = \frac{PV}{nR}$

$= \frac{202650 \times 0.6}{50 \times 8.314}$

$= 292.49$ K

$= (292.49 - 273)°C$

$= 19.49°C$ (Ans.)

এখানে,
চাপ, $P = 202650$ Pa
আয়তন, $V = 0.6 m^3$
মিথেনের (CH_4) আণবিক ভর = 16 gm/mol
$\therefore$ মোল সংখ্যা, $n = \frac{800}{16} = 50$ mol
$R = 8.314 J mol^{-1}K^{-1}$
কক্ষ তাপমাত্রা, $T = ?$

ঘ ১১ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** উদ্দীপকের স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 59.92%। তাই বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা নেই।

প্রশ্ন ▶ ৮০ বিএএফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৮

কোনো হ্রদের তলদেশ হতে পৃষ্ঠে আসার ফলে একটি বাতাসের বুদবুদের আয়তন তিনগুণ হয়। হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ $10^5 Nm^{-2}$। তলদেশের তাপমাত্রা 10°C ও উপরিপৃষ্ঠের তাপমাত্রা 30°C। হ্রদের পানির সাথে লবণ মিশ্রিত হওয়ায় হ্রদের পানির ঘনত্ব পরিবর্তন হয়ে যায়।

ক. শিশিরাংক কাকে বলে? ১
খ. বোল্টজম্যান ধ্রুবক $k = 1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}$ বলতে কী বুঝায়? ২
গ. হ্রদের তাপমাত্রা ধ্রুব বিবেচনা করে হ্রদের গভীরতা নি
করো।
ঘ. লবণ মিশ্রিত হওয়ায় বুদবুদের আয়তন দ্বিগুণ হলে
শতকরা পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৮০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তার মধ্যে উপস্থিত জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, সে তাপমাত্রাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে

খ বোল্টজম্যান ধ্রুবক $k = 1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}$ বলতে বুঝায়, তাপমাত্রা ও চাপে একটি আদর্শ গ্যাস অণুর তাপমাত্রা 1K বাড়াতে 1.38×10^{-23} J তাপের প্রয়োজন হয়।

গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 20.4 m।

ঘ আমরা জানি,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

বা, $\frac{10^5 \times 3 \times V_2}{303} = \frac{(P_1 + h\rho g) \times V_2}{283}$

বা, $\frac{10^5 \times 3}{303} = \frac{10^5 + h\rho g}{283}$

বা, $10^5 + h\rho g = \frac{3 \times 10^5 \times 283}{303}$

বা, $h\rho g = 2.8 \times 10^5 - 10^5$

বা, $h = \frac{2.8 \times 10^5 - 10^5}{\rho g}$

বা, $h = \frac{1.8 \times 10^5}{1000 \times 9.8}$

$\therefore h = 18.37$ m

দেওয়া আছে,
হ্রদের পৃষ্ঠে চাপ,
$P_1 = 10^5 Nm^{-2}$
হ্রদের তলদেশে বুদবুদের
আয়তন = V_2
হ্রদের পৃষ্ঠে বুদবুদের আয়তন
$V_1 = 3v_2$
হ্রদের পৃষ্ঠে তাপমাত্রা,
$T_1 = 30°C = 303K$
হ্রদের তলদেশে
চাপ $P_2 = P_1 + h\rho g$
হ্রদের তলদেশে তাপমাত্রা,
$T_2 = 10°C = 283K$
হ্রদের পানির ঘনত্ব,
$\rho = 1000 kgm^{-3}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ,
$g = 9.8 ms^{-2}$
হ্রদের গভীরতা, $h = ?$

ধরি, হ্রদের পানির সাথে লবণ মিশ্রিত হওয়ার পরে, তরলের ঘনত্ব, ρ_2
হ্রদের পৃষ্ঠে আনার পরে বুদবুদের আয়তন, $V_1' = 2 V_2'$
জানা আছে,

$\frac{P_1V_1'}{T_1} = \frac{P_2'V_2'}{T_2}$

বা, $\frac{10^5 \times 2V_2'}{303} = \frac{(P_1 + h\rho_2 g) \times V_2'}{283}$

বা, $\frac{10^5 \times 2}{303} = \frac{10^5 + 18.37 \times P_2 \times 9.8}{283}$

বা, $10^5 + 18.37 \times P_2 \times 9.8 = \frac{2 \times 10^5 \times 283}{303}$

বা, $180.026 P_2 = 1.868 \times 10^5 - 10^5$

বা, $P_2 = \frac{8.68 \times 10^4}{180.026}$

$\therefore \rho_2 = 482.15 kg/m^3$

এখন, লবণ মিশ্রিত করার পূর্বে পানির ঘনত্ব, $\rho_1 = 1000 kg/m^3$

$\therefore$ ঘনত্বের পরিবর্তন $= \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \times 100\%$

$= \frac{1000 - 482.15}{1000} \times 100\% = 51.785\%$

সুতরাং লবণ মিশ্রিত হওয়ায় ঘনত্বের শতকরা পরিবর্তন = 51.785%

প্রশ্ন ▶ ৮১ চিটাগাং ইউরিয়া ফার্টিলাইজার কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন

কোন একদিন ঢাকার তাপমাত্রা 35°C এবং শিশিরাংক 19.4°C। একই সময়ে চট্টগ্রামে স্থাপিত একটি হাইগ্রোমিটারের শুষ্ক ও বাল্বের পাঠ যথাক্রমে 35°C এবং 30°C পাওয়া গেল। 35°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক 1.60 এবং 19°C, 20°C, 27°C ও তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 16.5, 17.7, 26.78 ও mm পারদ চাপ।

ক. পরম শূন্য তাপমাত্রা কাকে বলে? ১

খ. গরমের সময় ফ্যানের বাতাসে আমরা স্বস্তি অনুভব করি কেন? ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ঐ দিন ঢাকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. একই তাপমাত্রা হওয়া সত্ত্বেও ঢাকা ও চট্টগ্রামের মধ্যে কোথায় ঘাম দ্রুত শুকাবে? উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৮১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থির চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন যে তাপমাত্রায় তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয় সেই তাপমাত্রাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে।

খ ঘর্মাক্ত শরীরের ঘাম দেহ হতে বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ গ্রহণ করে বাষ্পীভূত হয়। ফলে আশেপাশের বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেড়ে যায়। তখন বায়ু আর অধিক জলীয়বাষ্প ধারণ করতে পারে না। এতে করে শরীরে গরম অনুভূত হয়। কিন্তু ফ্যানের বাতাসে আশেপাশে বিদ্যমান জলীয়বাষ্প দূরে সরে যায়। ফলে শরীর হতে আরো ঘাম বাষ্পীভূত হয়ে শরীরের উৎপন্ন তাপ হ্রাস করে। এ কারণে ফ্যানের বাতাসে ঠান্ডা অনুভূত হয় যাতে করে আমরা স্বস্তি অনুভব করি।

গ ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 40.27%।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** চট্টগ্রামের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 63.59% যা ঢাকা থেকে বেশি। তাই ঢাকায় ঘাম দ্রুত শুকাবে।

প্রশ্ন ▶ ৮২ জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট I প্রশ্ন নং ৮

168 gm নাইট্রোজেন পূর্ণ একটি বেলুনকে সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে তলদেশে নিয়ে যাওয়ার ফলে বেলুনের আয়তন অর্ধেক হয়ে যায়। সমুদ্রপৃষ্ঠের চাপ স্বাভাবিক বায়ু চাপের সমান এবং তাপমাত্রা 30°C। সমুদ্রের তলদেশে গেলে তাপমাত্রা 16°C হ্রাস পায়। সমুদ্রের পানির ঘনত্ব 1.025×10^3 kgm^{-3}।

ক. গ্রেডিয়েন্ট কী? ১

খ. $\hat{i} \times \hat{j} \neq (\hat{j} \times \hat{i})$ কেনো? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সমুদ্রপৃষ্ঠে নাইট্রোজেনের গতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত তথ্যের ভিত্তিতে সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় সম্ভব কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

৮২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্কেলার ক্ষেত্রের গ্রাডিয়েন্ট একটি ভেক্টর ক্ষেত্র, যা স্কেলার ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে এর বৃদ্ধির হার ও বৃদ্ধির দিক নির্দেশ করে।

খ $\hat{i} \times \hat{j} = |\hat{i}||\hat{j}| \sin 90° \, \hat{\eta}_1 = \hat{\eta}_1$

$\hat{\eta}_1$ হলো একটি একক ভেক্টর যার দিক একটি ডানহাতি স্ক্রুকে $\hat{i}$ ও $\hat{j}$ ভেক্টরের সমতলে রেখে $\hat{i}$ ভেক্টর হতে $\hat{j}$ ভেক্টরের দিকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘুরালে যেদিকে অগ্রসর হয় সেদিকে,

আবার, $\hat{j} \times \hat{i} = |\vec{j}||\hat{i}| \sin 90° \, \hat{\eta}_2 = \hat{\eta}_2$

$\hat{\eta}_2$ হলো একটি একক ভেক্টর যার দিক একটি ডানহাতি স্ক্রুকে $\hat{j}$ ও $\hat{i}$ ভেক্টরের সমতলে রেখে $\hat{j}$ ভেক্টর হতে $\hat{i}$ ভেক্টরের দিকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘুরালে যেদিকে অগ্রসর হয় সেদিকে,

যেহেতু $\hat{\eta}_1$ ও $\hat{\eta}_2$ এর ডান হাতি স্ক্রুকে দুই বিপরীত ঘুরানো হয়, তাই $\hat{\eta}_1$ ও $\hat{\eta}_2$ এর দিক বিপরীত।

$\therefore \hat{\eta}_2 = -\hat{\eta}_1$

$\therefore \hat{j} \times \hat{i} = -\hat{\eta}_1 = -(\hat{i} \times \hat{j})$

অতএব এদের মান সমান কিন্তু $\hat{i} \times \hat{j}$ এর দিক যেদিকে $\hat{j} \times \hat{i}$ এর দিক তার বিপরীত দিকে তাই $\hat{i} \times \hat{j} \neq \hat{j} \times \hat{i}$।

গ আমরা জানি,

গতিশক্তি, $E = \frac{3}{2} nRT$

$= \frac{3}{2} \times 6 \times 8.314 \times 303$

$= 2.267 \times 10^4$ J

$\therefore$ সমুদ্রপৃষ্ঠে নাইট্রোজেনের গতিশক্তি 2.267×10^4 J **(Ans.)**

এখানে,
সমুদ্রপৃষ্ঠে বায়ুর তাপমাত্রা,
$T = 30°C = 303K$
নাইট্রোজেনের মোল সংখ্যা,
$n = \frac{168}{28} = 6$ mol
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
গতিশক্তি, $E = ?$

ঘ সমুদ্রের তলদেশে চাপ, P_1 হলে,

P_1 = সমুদ্রপৃষ্ঠের বায়ুর চাপ,
$P_2 + h\rho g$
বা, $P_1 = P_2 + h\rho g$..............(i)

আবার, আমরা জানি,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

বা, $P_1 = \frac{P_2V_2}{T_2} \times \frac{T_1}{V_1}$

$= \frac{101325 \times 2V_1 \times 287}{303V_1}$

$= 1.919 \times 10^5$ Pa

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$
সমুদ্রপৃষ্ঠের বায়ুর চাপ,
$P_2 = 101325$ Pa এবং তাপমাত্রা
$T_2 = 30°C = 303K$
সমুদ্রের তলদেশে তাপমাত্রা,
$T_1 = (30 - 16)°C$
$= 14°C = 287K$
সমুদ্রের উপরে বেলুনের আয়তন V_2 ও তলদেশে আয়তন V_1 হলে,
$V_1 = \frac{V_2}{2}$ বা, $V_2 = 2V_1$
সমুদ্রের পানির ঘনত্ব,
$\rho = 1.025 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$
সমুদ্রের গভীরতা, $h = ?$

(i) নং হতে পাই,

$h\rho g = P_1 - P_2 = (1.919 \times 10^5 - 101325)$Pa

বা, $h = \frac{90575}{\rho g} = \frac{90575}{1.025 \times 10^3 \times 9.8}$

$\therefore h = 9.016$ m

অতএব, দেখা যাচ্ছে সমুদ্রের গভীরতা 9.016 m। তাই বলা যায় উদ্দীপকে উল্লিখিত তথ্যের ভিত্তিতে সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৮৩ বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ শমশেরনগর, মৌলভীবাজার I প্রশ্ন নং ৩

কোনো একদিনে বগুড়া ও রাজশাহীর তাপমাত্রা যথাক্রমে 25°C ও 30°C এবং শিশিরাঙ্ক যথাক্রমে 16.3°C ও 24.9°C। 16°C, 17°C, 24°C, 25°C, 30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ যথাক্রমে 13.63 mmHg, 16.5 mmHg, 25.25 mmHg, 28.45 mmHg এবং 39.90 mmHg. 25°C তাপমাত্রায় গ্লেসিয়ারের উৎপাদক 1.72।

ক. মোলার গ্যাস ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. গ্যাসের অণুরবেগ নির্ণয়ে বর্গমূলীয় গড় বর্গবেগ নেয়া হয় কেন? ২

গ. ঐদিন বগুড়ার রক্ষিত আদ্রতা মাপক যন্ত্রে সিক্ত বাল্ব থার্মোমিটারের তাপমাত্রা কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত স্থান দুটির মধ্যে একজন ব্যক্তি কোথায় অধিকতর স্বস্তি বোধ করবেন? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৮৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থির চাপে একমোল পরিমাণ কোনো আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে সম্পন্ন কাজের পরিমাণকে মোলার গ্যাস ধ্রুবক বলে।

খ গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রধানত দুই ধরনের বেগ আছে। যথা: গড়বেগ (C_{avg}), বর্গমূল গড় বর্গবেগ (C_{rms})।

আমরা জানি, $C_{avg} = \frac{c_1 + c_2 + ... + c_n}{n}$

এবং $C_{rms} = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + ... + c_n^2}{n}}$

ধরি, চারটি অণুর বেগ $c_1 = 3$, $c_2 = 4$, $c_3 = 5$, $c_4 = 6$ একক এদের গড়বেগ, $C_{avg} = \frac{3 + 4 + 5 + 5 + 6}{4} = 4.5$ এবং বর্গমূল পড়বেগ C_{rms} $= \sqrt{\frac{3^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2}{4}} = 4.64$। দেখা যাচ্ছে, C_{avg} ও C_{rms} সমান নয়। সাধারণত বর্গমূলীয় গড় বর্গ গতিবেগ গড় গতিবেগ অপেক্ষা সামান্য বেশি হয়। গতিতত্ত্বের আলোচনায় বর্গমূলীয় গড় বর্গ গতিবেগ বেশি প্রয়োজনীয় ও গুরুত্বপূর্ণ। তাছাড়া গতিতত্ত্বে গড় বেগের ব্যবহার নেই। শুধুমাত্র বর্গমূলীয় গড় বর্গ বেগ অণুর বিভিন্ন গতিবেগের প্রতিনিধিত্বকারী হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এজন্য গ্যাসের বেগ নির্ণয়ে বর্গমূলীয় গড় বর্গ বেগ নেয়া হয়।

গ আমরা জানি,

$\theta_1 - \theta = G(\theta_1 - \theta_2)$

বা, $25 - 16.3 = 1.72(25 - \theta_2)$

বা, $25 - \theta_2 = \frac{8.7}{1.72}$

বা, $25 - \theta_2 = 19.94$

$\therefore \theta_2 = 16.73°C$ **(Ans.)**

এখানে,
শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা,
$\theta_1 = 25°C$
শিশিরাঙ্ক, $\theta = 16.3°C$
গ্লেইসারের উৎপাদক,
$G = 1.72$
সিক্ত বাল্বের পাঠ, $\theta_2 = ?$

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বগুড়ায় আপেক্ষিক আদ্রর্তা 50.93% এবং রাজশাহীতে আপেক্ষিক আদ্রতা 70.5%। তাই বগুড়ায় একজন ব্যক্তি অধিকতর স্বস্তিবোধ করবেন।

প্রশ্ন ▸ ৮৪ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট ▌প্রশ্ন নং ৮

একটি লবণাক্ত সাগরপৃষ্ঠে 27°C তাপমাত্রায় হিলিয়াম গ্যাস দ্বারা একটি গ্যাস বেলুন পূর্ণ করা হলো। একদিন যখন ওই বেলুনটি লবণাক্ত পানির নিচে 10°C তাপমাত্রায় রাখা হলো তখন এর ব্যাস সাগরপৃষ্ঠের মানের অর্ধেক পাওয়া গেল। আবার যখন বেলুনটিকে একই গভীরতার একটি লেকের পানির নিচে রাখা হলো তখন ব্যাস এর পৃষ্ঠদেশের মানের তিন চতুর্থাংশ পাওয়া গেল। বোলজম্যান ধ্রুবক 1.38×10^{-23} JK^{-1} এবং পৃষ্ঠদেশে চাপ 10^5 Pa মনে করো, লেকের সর্বত্র তাপমাত্রা সমান।

ক. বাস্তব গ্যাস কাকে বলে? ১
খ. শীতের সকালে শিশির দেখা যায় কেন? ২
গ. লেকের পানিতে 5 m মিটার গভীরে বেলুনটির আয়তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি গভীরতা 5 m হয় তবে সাগর ও লেকে উভয় ক্ষেত্রে বেলুনের আয়তন সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র যুগপৎ মেনে চলে না তাকে বাস্তব গ্যাস বলে।

খ শীতকালে রাতের বেলায় ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ধীরে ধীরে শীতল হতে থাকে। তাপ বিকিরণের হার সব বস্তুর সমান নয়। ঘাস পাতা ইত্যাদির তাপ বিকিরণের হার বেশি বলে এগুলো বেশি শীতল হয় এবং সাথে সাথে সংলগ্ন বায়ুকেও শীতল করে। এগুলোর তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কের নিচে নেমে গেলে জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে এগুলোর গায়ে বিন্দু বিন্দু আকারে জমা হয়। ফলে সকালে শিশির দেখা যায়।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

Tutor ৮৫ থেকে ১২৩ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph1bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

৮৫. ঢাকা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭	*panjeree.com/hsc*
৮৬. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৫	*panjeree.com/hsc*
৮৭. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
৮৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
৮৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৩	*panjeree.com/hsc*
৯০. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৫	*panjeree.com/hsc*
৯১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭	*panjeree.com/hsc*
৯২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
৯৩. সিলেট বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
৯৪. যশোর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
৯৫. বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭	*panjeree.com/hsc*
৯৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
৯৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৭	*panjeree.com/hsc*
৯৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
৯৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ২	*panjeree.com/hsc*
১০০. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট ও যশোর বোর্ড ২০১৮ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
১০১. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১০২. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
১০৩. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
১০৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
১০৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৭	*panjeree.com/hsc*
১০৬. সিলেট বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১০৭. যশোর বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
১০৮. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮	*panjeree.com/hsc*
১০৯. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৩	*panjeree.com/hsc*
১১০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১১১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১১২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১১৩. সিলেট বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৩	*panjeree.com/hsc*
১১৪. যশোর বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১১৫. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১১৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১১৭. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১১৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৩	*panjeree.com/hsc*
১১৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১২০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৩	*panjeree.com/hsc*
১২১. সিলেট বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১২২. যশোর বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*
১২৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬	*panjeree.com/hsc*

সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা

পরীক্ষা ২০২৪ থেকে ২০২২

২ ঢাকা বোর্ড ২০২৪

১	ⓖ	২	ঘ	৩	ক	৪	গ	৫	ক	৬	ঘ	৭	খ	৮	ঘ	৯	ক	১০	খ	১১	খ	১২	গ	১৩	ঘ
১৪	গ	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	খ	১৯	ক	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	ক	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

1sec এ একবার টিক শব্দ করে। তাই পর্যায়কাল, $T = 2s$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g}$ বা, $L = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9.8 \times 2^2}{4\pi^2} = 0.993$ m

চাপ দ্বিগুণ করলে, $P_2 = 2P_1$

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ বা, $\frac{2P_1}{P_1} = \frac{T_2}{273+27}$ বা, $T_2 = 2 \times 300$ K ∴ $T_2 = 600$ K

লিফটে g ত্বরণে নিচে নামলে, প্রতিক্রিয়া বল, $R = m(g-g) = 0$ N

∴ ব্যক্তি ওজনহীনতা অনুভব করবে।

h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_h = \frac{gR^2}{(R+h)^2}$ বা, g এর 25% $= \frac{gR^2}{(R+h)^2}$

বা, $\frac{g}{4} = \frac{gR^2}{(R+h)^2}$ বা, $\frac{1}{4} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$ বা, $\frac{1}{2} = \frac{R}{R+h}$ বা, $R + h = 2R$

∴ $h = R = 6400$ km

বলের ঘাত, $J = mv - mu = m(v-u) = 10\{100-(-100)\}$ dynes $= (10 \times 200) = 2000$ dynes

রকেটের ত্বরণ, $a = \frac{V_r\frac{dm}{dt} - g}{M} = \frac{2400 \times \frac{M}{60}}{M} - g = (40 - 9.8)$ ms^{-2} $= 30.2$ ms^{-2}

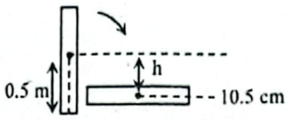
$5\frac{d^2x}{dt^2} + 125x = 0$, বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + 25x = 0$, একে $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0$ এর সাথে তুলনা করে, $\omega^2 = 25$ বা, $\omega = 5$ ∴ কৌণিক বেগ = কৌণিক কম্পাঙ্ক $= \omega = 5$ একক

১৬. ভরকেন্দ্রের আদি অবস্থান,

$h_1 = \frac{1m}{2} = 0.5$ m $= 50$ cm

ভরকেন্দ্রের শেষ অবস্থান

$h_2 = \frac{1\ cm}{2} = 0.5$ cm



∴ ভরকেন্দ্রের সরণ, $h = h_1 - h_2 = (50 - 0.5)$ cm $= 49.5$ cm

১৭. অভিকর্ষজ বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = mgh$, ভর, $m = 0.1$kg
ভরকেন্দ্রের সরণ, $h = 49.5$ cm $= 0.495$ m হলে, $W = mgh = 0.1 \times 9.8 \times 0.495 = 0.485$ J

১৯. গতিশক্তি E_k ও ভরবেগ P হলে, $E_k = \frac{P^2}{2m}$ বা, $E_k \propto P^2$
∴ গতিশক্তি ভরবেগের বর্গের সমানুপাতিক।

২২. ১২টার সময়, ঘণ্টার কাঁটা $\vec{P}$ ও মিনিটের কাঁটা $\vec{Q}$ একই সাথে ১২ এর উপর। তাই $\theta = 0°$, $\vec{P} \times \vec{Q} = \hat{\eta}\,|\vec{P}|\,|\vec{Q}| \sin 0° = 0$

২৩. $\vec{\nabla} \times \vec{A} = 0$ হলে, $\vec{A}$ এর কার্ল শূন্য। তাই $\vec{A}$ ভেক্টর ক্ষেত্র অঘূর্ণনশীল, সংরক্ষণশীল।

৪ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪

১	ক	২	ক	৩	গ	৪	খ	৫	গ	৬	ক	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	ঘ	১০	খ	১১	ঘ	১২	খ	১৩	ঘ
১৪	গ	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	খ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ঘ	২৫	*		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

সরণের দিকে কাজ, $W = Fs\cos\theta = 10 \times 10 \times \cos 30° = 86.6$ J

$P = Q = 4$ একক, $\alpha = 120°$ হলে, $\tan\theta = \frac{Q\sin\alpha}{P + Q\cos\alpha}$

বা, $\tan\theta = \frac{4\sin 120°}{4 + 4\cos 120°} = \sqrt{3}$ ∴ $\theta = 60°$

ব্রিজ থেকে বস্তুটি নৌকায় পড়ার সময় t হলে, $v = u + gt$

বা, $v = gt$ বা, $t = \frac{v}{g} = \frac{19.6}{9.8} = 2s$। নৌকার দ্রুতি $\overline{v}$ হলে,

$s = \overline{v}t$ বা, $\overline{v} = \frac{s}{t} = \frac{6}{2} = 3$ ms^{-1}

স্প্রিং ধ্রুবক, $k = \frac{F}{x} = \frac{40}{10} = 4$ Nm^{-1}; কৃতকাজ, $W = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times (5)^2 = 50$ J [সরণ, $x = 500$ cm $= 5$m]

বেগ, $v = \sqrt{\frac{gR^2}{(R+h)}} = \sqrt{\frac{9.8 \times (6.4 \times 10^6)^2}{(6.4 \times 10^6 + 10.6 \times 10^6)}} = 4859.24$ ms^{-1} $= 4.85$ kms^{-1}

গ্যাসের আয়তন, $V_\theta = V_0(1 + \gamma\theta)$, $\gamma = \frac{1}{273}$ °C^{-1}

এখন, $V_\theta = 0$ হলে, $0 = V_0(1 + \gamma\theta)$

বা, $1 + \gamma\theta = 0$ বা, $\theta = -\frac{1}{\gamma} = -\frac{1}{\frac{1}{273}}$ °C $= -273°$ C

১২. পর্যায়কাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{e}{g}}$। প্রসারণ, $e = 9.8$ cm $= 0.098$ m হলে,

$T = 2\pi\sqrt{\frac{0.098}{9.8}} = 0.628$ s

১৪. গতিশক্তি, $E_k = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 = 6.21 \times 10^{-21}$J

১৭. $v = u + gt$; $u = 0$ হলে, $v = gt$ বা, $t = \frac{v}{g}$

২৩. কৃতকাজ, $W = Fs = 49 \times 2 = 98$ J

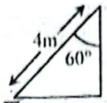
২৪. (i) কোণ, $\theta = \omega t = 45°$ এবং $\delta = 0°$ হলে, সরণ, $Y = \pm A\sin(45°) = \pm\frac{A}{\sqrt{2}}$;
(ii) বেগ, $v = \omega A\cos(\omega t + \delta)$, $\omega t = 45°$, $\delta = 0°$ হলে,
বেগ, $v = \pm\omega A\cos 45° = \pm\frac{\omega A}{\sqrt{2}}$; (iii) ত্বরণ, $a = -\omega^2Y = \pm\frac{\omega^2A}{\sqrt{2}}$

*২৫. $T = 3s$, $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3}$ rad/s, $\delta = \frac{\pi}{6}$ হলে, $Y = 10\sin(\omega t + \delta)$ হলে,
বেগ $v = 10\omega\cos(\omega t + \delta)$; $t = 16$ s পরে বেগ $v = 10 \times \frac{2\pi}{3}\cos\left(\frac{2\pi}{3} \times 16 + \frac{\pi}{6}\right) = -18.14$ ms^{-1}

৬ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪

১	খ	২	খ	৩	গ	৪	ক	৫	ঘ	৬	খ	৭	খ	৮	ক	৯	ঘ	১০	গ	১১	ক	১২	ঘ	১৩	ঘ
১৪	খ	১৫	ক	১৬	গ	১৭	ঘ	১৮	খ	১৯	খ	২০	ঘ	২১	ঘ	২২	খ	২৩	খ	২৪	ক	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ



১. মোট ভর, $m = 50 + 50 = 100\ \text{kg}$,
কাজ, $W = mgh\cos\theta = 100 \times 9.8 \times 4\cos60^\circ$
$= 1960\ \text{J}$

২. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ বা, $C_{rms} \propto \sqrt{T}$। অর্থাৎ, $C_{rms} \propto \sqrt{T}$ গ্রাফের ক্ষেত্রে এটি $y = mx$ আকৃতির সরলরেখা। আবার, $C_{rms}^2 = \frac{3RT}{M}$ সমীকরণ থেকে C_{rms} বনাম T গ্রাফ, $y^2 = 4ax$ আকৃতির পরাবৃত্ত হবে।

৩. বক্রতার ব্যাসার্ধ, $R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2} = \frac{(70.33)^2}{6 \times 8} + \frac{8}{2} = 107.048\ \text{mm}$

৪. স্ফেরোমিটারের লঘিষ্ঠ গণন $= \frac{\text{পীচ}}{\text{বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা}}$
$= \frac{1\text{mm}}{100} = 0.01\text{mm}$
তাই, সর্বনিম্ন 0.01 mm পর্যন্ত মাপা যাবে।

৫. স্থিতিস্থাপক বলের ক্ষেত্রে, $W \propto x^2$ বা, $\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^2$। সরণ দ্বিগুণ করলে, $x_2 = 2x_1$। $\therefore \frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{2x_1}{x_1}\right)^2$ বা, $W_2 = 4W_1$

$\therefore$ কৃতকাজ বৃদ্ধি পাবে $= \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% = \frac{4W_1 - W_1}{W_1} \times 100\% = 300\%$

৭. B অবস্থানে গভীরতা, $d = \frac{R}{2}$। অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$
$= g\left(1 - \frac{\frac{R}{2}}{R}\right) = g\left(1 - \frac{1}{2}\right) = \frac{g}{2} = 4.9\ \text{ms}^{-2}$,
ওজন, $W_B = mg_d = 50 \times 4.9 = 245\ \text{N}$

৮. i. A অবস্থানে বা ভূপৃষ্ঠে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য E বা g এর মান সর্বোচ্চ, Nkg^{-1}
ii. B বিন্দুতে $d = \frac{R}{2}$ গভীরতায়, $g_d = \frac{g}{2}$ অর্থাৎ B বিন্দুতে g A
অর্ধেক
iii. B বিন্দুতে ওজন $W_B = 245\text{N}$, C বিন্দুতে $\frac{R}{2}$ উচ্চতায় অভিকর্ষজ
ত্বরণ $g_C = \frac{gR^2}{(R+h)^2} = \frac{gR^2}{\left(R + \frac{R}{2}\right)^2} = \frac{gR^2}{\frac{9R^2}{4}} = \frac{4g}{9}$। ওজন $W_C = mg_C$
$\times 4 \times \frac{9.8}{9} = 217.8\ \text{N}$, $W_B \neq W_C$

১২. $\vec{A}.\vec{B} = AB\cos\theta = 18$.....(i) $|\vec{A} \times \vec{B}| = AB\sin\theta = 6\sqrt{3}$.....(ii)
(ii) ÷ (i) করে, $\tan\theta = \frac{6\sqrt{3}}{18} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ $\therefore \theta = 30^\circ$

১৪. বল, $F = ma = 0.1 \times 10 = 1\ \text{N}$

২১. ঘূর্ণন গতিশক্তি E_k ও কৌণিক ভরবেগ P হলে,
$E_k = \frac{P^2}{2I}$ [I = জড়তার ভ্রামক] বা, $P^2 = 2IE_k$ বা, $P = \sqrt{2IE_k}$
গতিশক্তি E_k সমান হলে, $\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = \sqrt{\frac{I}{2I}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

২২. আয়তন গুণাঙ্ক, $B = \frac{P}{\frac{v}{V}} = \frac{PV}{v} = \frac{5 \times 10^7 \times 1000}{2} = 2.5 \times 10^{10}\ \text{Nm}$
$\therefore$ সংনম্যতা, $k = \frac{1}{B} = \frac{1}{2.5 \times 10^{10}} = 4 \times 10^{-11}\text{N}^{-1}\text{m}^2$

২৩. A বিন্দুতে সরণ, $x = 20\ \text{cm} = 0.2\ \text{m}$, স্প্রিং বল, $F = Kx = 30 \times 0.2 = 6$

৮ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ক	২	খ	৩	ঘ	৪	খ	৫	ক	৬	*	৭	খ	৮	গ	৯	ক	১০	গ	১১	খ	১২	ঘ	১৩
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	খ	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	গ	২১	ঘ	২২	ক	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	গ	

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\hat{i} \times (\hat{j} \times \hat{k}) = \hat{i} \times \hat{i} = 0$

৫. R(2, 2) বিন্দু XY তলে অবস্থিত। $\overrightarrow{OR} = 2\hat{i} + 2\hat{j}$

*৬. $\overrightarrow{OR} = 2\hat{i} + 2\hat{j}$, $\overrightarrow{OP} = 2\hat{k}$, $\overrightarrow{OR} \times \overrightarrow{OP} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = 4\hat{i} - 4\hat{j}$

$\therefore$ OPQR সামান্তরিক ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল $= |\overrightarrow{OR} \times \overrightarrow{OP}| = \sqrt{4^2 + (-4)^2}$
$= 4\sqrt{2}$ একক।

৯. ঘূর্ণন গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}I\omega^2$ বা, $\omega = \sqrt{\frac{2E_k}{I}} = \sqrt{\frac{2 \times 100}{2}} = 10\ \text{rads}^{-1}$

১০. Q স্থানে, $\tan\theta = \frac{h}{x}$ বা, $h = x\tan\theta = 5\tan3^\circ = 0.262\ \text{m}$

১১. $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$ বা, $v^2 = rg\tan\theta$ বা, $v = \sqrt{rg\tan\theta}$। ব্যাংকিং কোণ θ একই হলে, $v \propto \sqrt{r}$ বা, $\frac{V_P}{V_Q} = \sqrt{\frac{r_P}{r_Q}} = \sqrt{\frac{9}{16}} = \frac{3}{4}$
$\therefore V_P : V_Q = 3 : 4$

১৪. গতিশক্তি, $E_k = \frac{P^2}{2m}$ বা, $E_k \propto P^2$ বা, $\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2$। ভরবেগ 10% বৃদ্ধি করলে, $P_2 = P_1 + P_1 \times 10\% = 1.1P_1$; $\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = \left(\frac{1.1P_1}{P_1}\right)^2 = 1.21$

$\therefore E_{k_2} = 1.21E_{k_1}$ গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় $= \frac{E_{k_2} - E_{k_1}}{E_{k_1}} \times 100\%$
$= \frac{1.21E_{k_1} - E_{k_1}}{E_{k_1}} \times 100\% = 21\%$

১৬. $g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$ বা, $\frac{g}{4} = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$ বা, $\frac{1}{4} = 1 - \frac{d}{R}$ বা, $\frac{d}{R} = \frac{3}{4}$
$\therefore d = \frac{3R}{4}$

১৮. স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে, $Y = \frac{FL}{Al}$ বা, $Y = \frac{MgL}{Al}$ বা, $l = \frac{MgL}{AY}$
M, A, Y ধ্রুবক হলে $l \propto M$, যা $y = mx$ আকৃতির মূলবিন্দু
সরলরেখা।

২০. $V_{max} = \omega A = 5$....(1) $a_{max} = \omega^2 A = 10$.......(2); (2) ÷ (1) করে,
$\frac{\omega^2 A}{\omega A} = \frac{10}{5}$ বা, $\omega = 2$; বা, $\frac{2\pi}{T} = 2$ বা, $T = \pi = 3.14\ \text{s}$

২১. (i) $\omega = 2\ \text{rads}^{-1}$ হলে, $V_{max} = \omega A = 5$ বা, $A = \frac{5}{\omega} = \frac{5}{2} = 2.5\text{m}$
(ii) সাম্যাবস্থানে (x = 0) বিভবশক্তি, $E_P = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k \times 0^2 = 0\text{J}$
(iii) বিস্তারে (x = A) গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}k(A^2 - A^2)$

২৩. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ বা, $\frac{3V_1}{V_1} = \frac{T_2}{273 + 30}$ বা, $T_2 = 3 \times 303 = 909\ \text{K} = 636^\circ$

২৫. তারের অসহভার উপাদানের উপর নির্ভর করে, দৈর্ঘ্যের উপর না। তার কেটে তিন টুকরা করা হলেও অসহভার একই থাকবে।

১০ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ক	২	গ	৩	ঘ	৪	গ	৫	খ	৬	ঘ	৭	গ	৮	গ	৯	*	১০	খ	১১	ক	১২	খ	১৩
	১৪	ঘ	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	খ	২১	*	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	ঘ	

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{l}{L} = \frac{0.02}{2} = 0.01$

৩. $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ বা, $\frac{P_1V_1}{T} = \frac{(2P_1)(2V_1)}{T_2}$ বা, $T_2 = 4T$

৪. $E_k = \frac{3}{2}nRT$ বা, $E_k \propto T$ যা $y = mx$ আকৃতির মূলবিন্দুগামী সরলরেখা।

৫. $\frac{W_e}{W_m} = \frac{mg_e}{mg_m}$ বা, $\frac{785}{298} = \frac{9.8}{g_m}$ বা, $g_m = \frac{9.8 \times 298}{785} = 3.72 ms^{-2}$
$\therefore$ অভিকর্ষীয় তীব্রতা, $E_m = g_m = 3.72\ N\,kg^{-1}$

৬. $I = \frac{1}{2}Mr^2$ বা, $r = \sqrt{\frac{2I}{M}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.1}{5}} = 0.2\ m$

৮. $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g}$ বা, $L = \frac{gT^2}{4\pi^2}$ বা, $L \propto T^2$
বা, $\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$, দোলনকাল 100% বৃদ্ধি পেলে, $T_2 = T_1 + T_1 \times 100\% = 2T_1$
$\therefore \frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{2T_1}{T_1}\right)^2$ বা, $L_2 = 4L_1$ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করতে হবে, $\Delta L = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100\% = \frac{4L_1 - L_1}{L_1} \times 100\% = 300\%$

৯. গতিশক্তি, $E_k = \frac{P^2}{2m}$ বা, $E_k \propto \frac{1}{m}$ [ভরবেগ P ধ্রুব হলে]
i. টেনিস বলের ভর কম হওয়ায় এর গতিশক্তি বেশি।

১০. $4\frac{d^2x}{dt^2} + 64x = 0$ বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + 16x = 0$ একে $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0$ এর সাথে তুলনা করে, $\omega^2 = 16$ বা, $\omega = 4$ বা, $2\pi f = 4$ $\therefore f = \frac{4}{2\pi} = \frac{2}{\pi}Hz$

১১. $\hat{k} \times (\hat{j} + \hat{k}) = \hat{k} \times \hat{j} + \hat{k} \times \hat{k} = -\hat{i} + 0 = -\hat{i}$

১৪. মহাকর্ষীয় বিভবশক্তি, $E_p = Fh$ একে $y = mx$ এর সাথে তুলনা করলে ঢাল m = মহাকর্ষ বল।

১৮. মুক্তিবেগ, $v_e = \sqrt{2gR}$। কৃতকাজ, W = গতিশক্তি $E_k = \frac{1}{2}mv_e^2$
$= \frac{1}{2}m.2gR = gmR$

২০. দণ্ডের ভারকেন্দ্রের সরণ, $h = \left(\frac{104}{2} - \frac{4}{2}\right)cm = 50\ cm = 0.5\ m$ কাজ, $W = mgh = 2 \times 9.8 \times 0.5 = 9.8\ J$

*২১. গ্রহের বেগ, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ বা, $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$ বা, $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$। গড় দূরত্ব দ্বিগুণ করলে $r_2 = 2r_1$, $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{r_1}{2r_1}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\therefore v_2 = \frac{v_1}{\sqrt{2}}$

২৪. AB ভারকেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক $I_{AB} = \frac{1}{2}Mr^2 = MK^2$
বা, চক্রগতির ব্যাসার্ধ $K = \frac{r}{\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\ m$

২৫. AB ভরকেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে চাকতির জড়তার ভ্রামক, $I_{AB} = \frac{1}{2}Mr^2$
সমান্তরাল অক্ষ, উপপাদ্য অনুসারে, $I_{CD} = I_{AB} + Mr^2 = \frac{1}{2}Mr^2 + Mr^2 = \frac{3}{2}Mr^2$

$$\therefore \frac{I_{AB}}{I_{CD}} = \frac{\frac{1}{2}Mr^2}{\frac{3}{2}Mr^2} = \frac{1}{3} \therefore I_{AB} = \frac{1}{3}I_{CD}$$

১২ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	ঘ	৪	গ	৫	গ	৬	খ	৭	গ	৮	ঘ	৯	ক	১০	ক	১১	খ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	ক	১৮	গ	১৯	গ	২০	খ	২১	ক	২২	ক	২৩	খ	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. আদর্শ গ্যাস সমীকরণের ক্ষেত্রে, $PV = nRT$
i. $PV = \frac{1}{3}mnv_g^2$ বা, $nRT = \frac{1}{2}mnv_g^2$
বা, $v_g = \sqrt{\frac{3RT}{m}} = \sqrt{\frac{3RTN}{M}}$ $[\because M = mN]$
বা, $v_g \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$ যখন, T ও N ধ্রুবক।
ii. $v_g^2 = \frac{3PV}{mn}$ বা, $v_g = \sqrt{\frac{3PV}{mn}}$ $\therefore v_g \propto \sqrt{P}$; যখন, m, n ও V ধ্রুবক
iii. $nRT = \frac{1}{3}mnv_g^2$ বা, $v_g = \sqrt{\frac{3RT}{m}}$ $\therefore v_g \propto \sqrt{T}$ যখন m, ধ্রুবক

৯. $Y = A\sin\omega t$ এর সাথে তুলনা করে পাই, $\omega = 4\pi$ বা, $\frac{2\pi}{T} = 4\pi$ বা, $T = 0.5\ s$

১০. i. $T = 0.5\ J$ বা, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.5} = 2\ Hz$
ii. বেগ, $v = \frac{dY}{dt} = \frac{d}{dt}(0.5\sin 4\pi t) = 0.5 \times 4\pi \times \cos 4\pi t$
$= 2\pi\cos 4\pi t\ m.s^{-1}$
iii. ত্বরণ, $a = \frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt}(2\pi\cos 4\pi t) = 2\pi \times 4\pi \times (-\sin 4\pi t)$
$= -8\pi^2\sin 4\pi t$

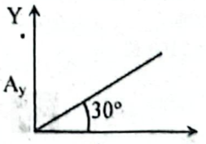
১২. আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = \frac{f}{F} = \frac{\frac{F}{3}}{F} = \frac{1}{3}$

১৪. চাঁদের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{R^2}$ সুতরাং $\frac{g}{G} = \frac{M}{R^2}$

১৬. r ব্যাসার্ধ ও θ ব্যাংকিং কোণে গাড়ি নিরাপদে বাঁক নিতে হলে, $\frac{v^2}{rg} \leq \tan\theta$ হতে হয় বা, $v^2 \leq rg\tan\theta$ বা, $v \leq (gr\tan\theta)^{\frac{1}{2}}$

১৭. $\vec{P}$ ও $\vec{P}$ এর ঋণ ভেক্টর হলো $-\vec{P}$। সুতরাং, লব্ধি R হলে, $\vec{R} = \vec{P} + (-\vec{P})$ বা, $\vec{R} = \vec{0}$ সুতরাং মান, $|\vec{R}| = 0$

১৮.



এখানে, $\tan 30° = \frac{Ay}{Ax}$
বা, $A_x = \frac{Ay}{\tan 30°}$
বা, $A_x = \frac{3}{1/\sqrt{3}} = 3\sqrt{3}$

২১. কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তনের হার, $\frac{dL}{dt} = \frac{d}{dt}I\omega = I\frac{d}{dt}\omega = I\alpha$ = টর্ক, τ

২৪. জড়তার ভ্রামক, $I = MK^2 = 10 \times (0.5)^2 = 2.5\ kgm^2$

২৫. টর্ক, $\tau = I\alpha = 2.5 \times 2 = 5\ Nm$

১৪ সিলেট বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	গ	৪	ঘ	৫	ঘ	৬	গ	৭	খ	৮	ঘ	৯	গ	১০	ক	১১	*	১২	*	১৩	ক
	১৪	খ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	গ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	খ	২২	ক	২৩	*	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, কার্যকরী দৈর্ঘ্য, $L = \frac{gT^2}{4\pi^2}$
বা, $L = \frac{9.8 \times (2)^2}{4\pi^2} = 0.9929\ m$

৩. গতিশক্তি ও বিভবশক্তির অনুপাত, $\frac{E_k}{E_p} = \frac{\frac{1}{2}k(A^2 - x^2)}{\frac{1}{2}kx^2} = \frac{A^2 - x^2}{x^2}$
$= \frac{(0.2)^2 - (0.1)^2}{(0.1)^2} = 3 = 3 : 1$

৪. মুক্তিবেগ, $v_e = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \times 4.1 \times 3200 \times 10^3}$
$= 5122.5\ ms^{-1} = 5.122\ km.s^{-1}$

৯. গতিশক্তি, $E_k = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2} \times \frac{wRT}{M} = \frac{3 \times 4 \times 8.31 \times (273 + 27)}{2 \times 32}$
$= 467.44\ J$

*১১. কৃতকাজ, $W = \frac{\frac{1}{2}YAl^2}{L} = \frac{1}{2} \times \frac{2 \times 10^{11} \times 10^{-6} \times (2 \times 10^{-3})^2}{1} = 4 \times 10^{-1} J$

*১২. i) পীড়ন $= \frac{F}{A} = \frac{\frac{YAl}{L}}{A} = \frac{Yl}{L} = \frac{2 \times 10^{11} \times 2 \times 10^{-3}}{1} = 4 \times 10^{8}\ Nm^{-2}$
ii) বিকৃতি $= \frac{l}{L} = \frac{2 \times 10^{-3}}{1} = 2 \times 10^{-3}$

iii) সম্পাদিত কাজ 4×10^3 J অর্থাৎ, ধনাত্মক
সুতরাং, সঠিক উত্তর শুধু (ii)।

১৬. সর্বনিম্ন সময়ে নদী পাড়ি দিলে $t_{min} = \frac{d}{v \sin 90°} = \frac{1.2 \times 10^3}{12 \times 1} = 100$ s

১৭. সর্বনিম্ন পথে নদী পার হলে, $\alpha = \cos^{-1}\left(-\frac{u}{v}\right)$ বা, $\alpha = \cos^{-1}\left(-\frac{6}{12}\right) = \cos^{-1}\left(-\frac{1}{2}\right) = 120°$

১৮. B বরাবর A এর লম্ব অভিক্ষেপ $|\vec{A}|\cos\theta = \frac{\vec{A}.\vec{B}}{|\vec{B}|}$

$= \frac{(2\hat{i}+3\hat{j}+4\hat{k}).(3\hat{i}+4\hat{j}+5\hat{k})}{\sqrt{(3)^2+(4)^2+(5)^2}} = \frac{6+12+20}{\sqrt{9+16+25}} = \frac{38}{\sqrt{50}}$

২১. উলম্বের সাথে উৎপন্ন কোণ, $\theta = \tan^{-1}\frac{v^2}{rg} = \tan^{-1}\frac{(4.9)^2}{100 \times 9.8} = 1.4°$

*২৩. নিরেট সিলিন্ডারের জড়তার ভ্রামক, $I = \frac{1}{2}Mr^2$ বা, $r = \sqrt{\frac{2I}{M}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 0.25}{0.5}} = 1$ m

২৪. ত্বরণ a হলে, $a = \frac{F_1}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{150}{15+10+5} = 5\ ms^{-2}$

সুতরাং $F_3 = m_3 a = 15 \times 5 = 75$ N

১৬ যশোর বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ক	২	খ	৩	ঘ	৪	গ	৫	খ	৬	গ	৭	খ	৮	গ	৯	গ	১০	খ	১১	গ	১২	*	১৩	
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	ঘ	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	ক	২২	ঘ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে h গভীরতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = g\left(1 - \frac{h}{R}\right)$

বা, $g' = g\left(\frac{R-h}{R}\right)y$ বা, $g' = g\frac{x}{R}$ বা, $g' \propto x$

৪. কৃত্রিম উপগ্রহের বেগ, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{8 \times 10^3 \times 10^3}}$
$= 7074.43 \approx 7089\ ms^{-1}$

৮. সেকেন্ড দোলকের পর্যায়কাল, T = 2s।
সুতরাং কম্পাংক, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5$ Hz

৯. সরলছন্দিত কণার মোট শক্তি, $E = \frac{1}{2}KA^2\ |E \propto A^2|$ মোট শক্তি বিস্তারের বর্গের সমাণুপাতিক।

১০. সরলছন্দিত স্পন্দনের ব্যবকলনীয় সমীকরণ $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$

বা, $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$

*১২. Co_2 একটি বহু পারমানবিক গ্যাস হওয়া সত্ত্বেও এর আকৃতি সরলরৈখিক হওয়ায় এর স্বাধীনতার মাত্রা 5।
∴ গতিশক্তি, $E = \frac{f}{2}KT = \frac{5}{2}KT$
সুতরাং, সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

১৩. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ বা, $\sqrt{\frac{3RT_o}{M_o}} = \sqrt{\frac{3RT_H}{M_H}}$
বা, $T_0 = \frac{M_0 T_H}{M_H} = \frac{32 \times (273 - 200)}{2} = 1168$ K

১৬. সামান্তরিকের ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}|\vec{d_1} \times \vec{d_2}| = \frac{1}{2}\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & -4 & 2 \\ 3 & -3 & 1 \end{vmatrix}$

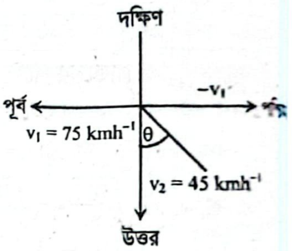
$= \frac{1}{2}|\{\hat{i}(-4+6) - \hat{j}(4-6) + \hat{k}(-12+12)\}|$

$= \frac{1}{2}2|(\hat{i}+2\hat{j})| = |\hat{i}+\hat{j}|\ \therefore \frac{1}{2}|\vec{d_1} \times \vec{d_2}| = \sqrt{1^2+1^2} = \sqrt{2}$

১৭. $\tan\theta = \frac{v_1 \sin(180-90)}{v_2 + v_1 \cos(180-90)}$

বা, $\tan\theta = \frac{75}{45+0}$

বা, $\theta = 59.04°$
∴ পূর্বদিকের সাথে উৎপন্ন কোণ
$= 90 + 59.04°$
$= 149.04°$



২০. ভরবেগের পরিবর্তন
= বল × সময় = 600 × 1 × 60
$= 3.6 \times 10^4\ kgms^{-1}$

২৩. কৃতকাজ, $W = \int_{x=0}^{x=3} F.dx = \int_0^3 (5x^2 - x + 1)dx$

$= \left[\frac{5}{3}x^3 - \frac{1}{2}x^2 + x\right]_0^3 = \frac{5}{3} \times 3^3 - \frac{1}{2} \times 3^2 + 3 = 43.5J$

২৪. স্প্রিং এর বিভব শক্তি, $U = \frac{1}{2}kx^2$। এখানে বিভব শক্তি ও সম্প্রসার গ্রাফটি প্যারাবোলা হবে। $U \propto x^2$।

১৮ বরিশাল বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	গ	২	ক	৩	ক	৪	গ	৫	ক	৬	খ	৭	ঘ	৮	গ	৯	ক	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	
	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	গ	১৮	খ	১৯	গ	২০	ক	২১	গ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. কর্মদক্ষতা, $\eta = \frac{\text{কার্যকর ক্ষমতা}}{\text{প্রকৃত ক্ষমতা}}$। সুতরাং, প্রকৃত ক্ষমতা $= \frac{\text{কার্যকর ক্ষমতা}}{\eta}$

$= \frac{3kW}{0.75} = 4$ kW

৬. সরলদোলকের ক্ষেত্রে, $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}}$ বা, $T' = T\sqrt{\frac{4L}{L}}$
বা, $T' = 2 \times 2 = 4s$

৮. সমান্তরাল হওয়ার শর্ত: $\frac{A_x}{B_x} = \frac{A_y}{B_y} = \frac{A_z}{B_z}$ এখানে, $A = i + \hat{j}$

$B = 2\hat{i} + 2\hat{j}$ হলে, $\frac{A_x}{B_x} = \frac{A_y}{B_y} = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$

১০. M_1 ভরের জন্য B বিন্দুতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র প্রাবল্যের মান, $E_1 = \frac{G \times M_1}{AB^2}$
বা, $E_1 = \frac{G \times 5}{1^2} = 5G$ তদ্রূপ, $E_2 = \frac{GM_2}{BD^2} = \frac{G \times 10}{(2)^2} = \frac{5}{2}G$ [E_1 ও E_2 বিপরীত] তাই B বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য, $E = E_1 - E_2 = 5G - \frac{5}{2}G = \frac{5}{2}G$

১১. B বিন্দুতে মোট বিভব, $V_B = V_{1B} + V_{2B} = -\frac{GM_1}{AB} + \frac{-GM_2}{BD}$

বা, $V_B = -\frac{G \times 5}{1} + \frac{-G \times 10}{2} = -10\ G$

C বিন্দুতে মোট বিভব, $V_C = V_{1C} + V_2C = \frac{-GM_1}{AC} + \frac{-GM_2}{CD}$

বা, $V_C = \frac{-G \times 5}{2} + \frac{-G \times 10}{1} = \frac{-25}{2}G$

$\therefore V_B:V_C = (-10\ G) : \left(-\frac{25}{2}G\right) = 4:5$

১৪. দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $\Delta L = 3L_0 - L_0 = 2L_0$

বিকৃতি $= \frac{\text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি}}{\text{আদি দৈর্ঘ্য}} = \frac{2L_0}{L_0} = 2$

১৭. $K_1 = \frac{1}{2}I\omega_1^2$, $\omega_2 = \omega_1 + \omega_1$ এর $10\% = 1.1\omega_1$

$\therefore K_2 = \frac{1}{2} \times I(1.1\ \omega_1)^2$ বা, $\frac{K_2 - K_1}{K_1} \times 100\%$

$$=\frac{\frac{1}{2}\times I\times(1.1\omega_1)^2-\frac{1}{2}I\omega_1^2}{\frac{1}{2}I\omega_1^2}=\frac{(1.1)^2-1}{1}\times 100=21\%$$

১৮. $|\vec{A}|=\sqrt{A_x^2+A_y^2}=\sqrt{(5\sqrt{3})^2+(5)^2}=\sqrt{100}=10$

১৯. এখানে, $\tan\alpha=\frac{A_y}{A_x}$ বা, $\alpha=\tan^{-1}\frac{5}{5\sqrt{3}}$ বা, $\alpha=30°$

$\therefore \theta=90-30°=60°$ অর্থাৎ $\theta=2\alpha$

২১. $C_{rms}=\sqrt{\frac{3RT}{M}}=\sqrt{\frac{3\times 8.31\times(273+0)}{44\times 10^{-3}}}=393.29\ m{\cdot}s^{-1}$

২৩. বলের ঘাত = ভর বেগের পরিবর্তন $=\int_{t_1}^{t_2}F(t)dt$

$$=\int_1^2(t^2+t+2)dt=\left[\frac{t^3}{3}+\frac{t^2}{2}+2t\right]_1^2$$

$$=\left(\frac{2^3}{3}+\frac{2^2}{2}+2\times 2\right)-\left(\frac{1^3}{3}+\frac{1^2}{2}+2\times 1\right)=\frac{36}{5}=5.83\ Ns$$

২৫. গতিশক্তি, $K_1=\frac{3}{2}nRT_1$ এবং $K_2=\frac{3}{2}nRT_2$

সুতরাং $\frac{K_2-K_1}{K_1}\times 100\%=\frac{\frac{3}{2}nRT_2-\frac{3}{2}nRT_1}{\frac{3}{2}nRT_1}\times 100\%$

$$=\frac{227-27}{(27+273)}\times 100\%=66.67\%$$

২০ ঢাকা বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(ক)	২	(খ)	৩	(ক)	৪	(গ)	৫	(ক)	৬	(খ)	৭	(ঘ)	৮	(গ)	৯	(গ)	১০	(গ)	১১	(ক)	১২	(গ)	১৩	(ঘ)
	১৪	(খ)	১৫	(ক)	১৬	(ঘ)	১৭	(খ)	১৮	(গ)	১৯	(ক)	২০	(খ)	২১	(ক)	২২	(খ)	২৩	(খ)	২৪	(গ)	২৫	(ঘ)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $\sqrt{\bar{C^2}}=\sqrt{\frac{(15)^2+(20)^2+(25)^2}{3}}=20.41\ ms^{-1}$

৩. $\bar{C}=\frac{15+20+25}{3}=20\ ms^{-1}$

$\bar{C^2}=\frac{15^2+20^2+25^2}{3}=416.67\ m^2s^2$

$\sqrt{\bar{C^2}}=20.41\ ms^{-1}$

$\bar{C}:\bar{C^2}:\sqrt{\bar{C^2}}=20:416.67:20.41$
$=1:20.83:1.02$

৫. $y=A\sin(\omega t+\delta)$ এর সাথে তুলনা করে পাই, $\omega=\frac{\pi}{15}\ rads^{-1}$

৬. $v_{max}=\omega A=\frac{\pi}{15}\times 10=2.09\ ms^{-1}$

১০. $F=Kl$ বা, $K=\frac{F}{l}$ অর্থাৎ, স্প্রিং ধ্রুবক এর সাথে দৈর্ঘ্যের ব্যস্তানুপাতিক সম্পর্ক হওয়ায়, $K'=\frac{F}{\frac{l}{2}}$ বা, $K'=\frac{2F}{l}$ বা, $K'=2K$, যা প্রতিটি খণ্ডের স্প্রিং ধ্রুবক। অতএব, $K'=2\times 100=200\ Nm^{-1}$

১৩. $I_1:I_2=\frac{1}{3}ml^2:\frac{ml^2}{12}=4:1$

১৪. $K=\frac{l}{\sqrt{3}}=\frac{1}{\sqrt{3}}\ m$

১৭. $P=FV=mgv=100\times 9.8\times 0.1=98\ watt$

২০. $P=\frac{F}{A}=\frac{100\times 9.8}{2\times 10^{-6}}=4.9\times 10^8\ Nm^{-2}$

২২. $\vec{A}\times\vec{B}=\hat{\eta}AB\sin\theta$ বা, $|\vec{A}\times\vec{B}|=3\times 3\times\sin\theta=9\sin\theta$

২২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(খ)	২	(ক)	৩	(ক)	৪	(খ)	৫	(ঘ)	৬	(ঘ)	৭	(ক)	৮	(গ)	৯	(ঘ)	১০	(খ)	১১	(ঘ)	১২	(খ)	১৩	(ক)
	১৪	(গ)	১৫	(ঘ)	১৬	(ক)	১৭	(গ)	১৮	(ক)	১৯	(খ)	২০	(ক)	২১	(খ)	২২	(গ)	২৩	(গ)	২৪	(ঘ)	২৫	(খ)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $W=mg\frac{h}{2}=2\times 9.8\times\frac{1.5}{2}=14.7\ J\approx 14\ J$

৬. $W=mgs(\sin\theta)=0.1\times 9.8\times 5\times\sin 30°=2.45\ J$

৭. $\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{r_1^3}{r_2^3}$ বা, $\frac{T_1}{T_2}=\sqrt{\frac{R^3}{(2R)^3}}$ বা, $T_1:T_2=1:2\sqrt{2}$

৮. $2\vec{B}=18\hat{i}-16\hat{j}-2\hat{k};\ \vec{B}=9\hat{i}-8\hat{j}-\hat{k}$

৯. $2\vec{A}=6\hat{i}+8\hat{j}+18\hat{k};$

বা, $\vec{A}=3\hat{i}+4\hat{j}+9\hat{k};\ \vec{A}.\vec{B}=9\times 3+(-8)\times 4+(-1)\times 9=-14$

১২. $MV+mv=0$ বা, $v=-\frac{0.005\times 150}{3}=-0.25\ ms^{-1}$ সুতরাং, পশ্চাৎবেগ $v=0.25\ ms^{-1}$

১৬. আদর্শ গ্যাসতত্ত্ব অনুযায়ী চাপ, $P=\frac{1}{3}\rho c^2=\frac{1}{3}\frac{mnc^2}{v}=\frac{2}{3}E$

১৯. $F=Fs+Ma=300+1000\times 4=4300\ N$

২৪. $v=\omega\sqrt{A^2-x^2}=2\pi f\sqrt{A^2-x^2}=2\pi\times 12\sqrt{(0.01)^2-(0.005)^2}$
$=0.653\ ms^{-1}$

২৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(গ)	২	(ক)	৩	(খ)	৪	(গ)	৫	(ঘ)	৬	(খ)	৭	(গ)	৮	(খ)	৯	(ঘ)	১০	(ঘ)	১১	(গ)	১২	(খ)	১৩	(ক)
	১৪	(খ)	১৫	(গ)	১৬	(ক)	১৭	(ক)	১৮	(ক)	১৯	(গ)	২০	(ঘ)	২১	(খ)	২২	(গ)	২৩	(ঘ)	২৪	(গ)	২৫	(ক)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $\hat{i}\times(\hat{j}\times\hat{k})=\hat{i}\times\hat{i}=0$

৪. ভেক্টর দুটি লম্ব হলে, $\vec{P}.\vec{Q}=0$ বা, $(-3)(5)+(7)(-a)+(-3)(2)=0$
বা, $-15-7a-6=0$ বা, $7a=-21$
$\therefore a=-3$

৬. $\omega=\frac{2\pi n}{t}=\frac{2\pi\times 90}{60}=3\pi\ rads^{-1}$

৯. $E_k=\frac{p^2}{2m}$; এখানে, গতিশক্তি E_k ও ভরবেগ P। এখন, ভরবেগ ধ্রুবক হলে, $E_k\propto\frac{1}{m}$ বা, $\frac{E_{k_1}}{E_{k_2}}=\frac{m_2}{m_1}=\frac{9}{4}$ বা, $E_{k_1}:E_{k_2}=9:4$
$\therefore E_{k_1}:E_{k_2}=9:4$

১৫. $T^2\propto R^3$ বা, $\frac{T_2^2}{T_1^2}=\frac{R_2^3}{R_1^3}$ বা, $\frac{R_2}{R_1}=\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{2}{3}}$

বা, $R_2=R_1\times\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{2}{3}}$ বা, $R_2=1.5\times 10^{11}\times\left(\frac{88}{365}\right)^{\frac{2}{3}}$

$\therefore R_2=5.81\times 10^{10}\ m$

১৬. $F=\frac{Gm_1m_2}{d^2}$ বা, $F\propto\frac{1}{d^2}$ বা, $\frac{F_2}{F_1}=\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2=\left(\frac{1}{3}\right)^2$ বা, $\frac{F_2}{F_1}=\frac{1}{9}\therefore F_2=\frac{F_1}{9}$

২০. পৃথিবীর কেন্দ্রে, $g=0\ \therefore$ দোলনকাল, $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}=2\pi\sqrt{\frac{L}{0}}=\infty$
$\therefore T=$ অসীম হবে।

২১. বিস্তার, $A = 10$ m, কৌণিক বেগ, $\omega = 12$ rads^{-1}
সর্বোচ্চ বেগ, $v_{max} = \omega A = 10 \times 12 = 120$ ms^{-1}

২২. $C_{rms} = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2 + C_3^2}{3}} = \sqrt{\frac{(10)^2 + (15)^2 + (20)^2}{3}} = 15.54$ ms^{-1}

২৩. চিত্র থেকে পাই, $OA = \hat{i} + \hat{j}$, $OC = 2\hat{k}$
OABC সামান্তরিক ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল $= |\vec{OA} \times \vec{OC}|$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

$$= |2\hat{i} - 2\hat{j}|$$

$$= \sqrt{2^2 + (-2)^2} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$$

২৬ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	ঘ	৪	খ	৫	ক	৬	গ	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	ক	১০	গ	১১	ক	১২	গ	১৩	[illegible]
	১৪	গ	১৫	ঘ	১৬	গ	১৭	খ	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	খ	২১	ঘ	২২	ক	২৩	খ	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $E = E_p = mgh = 2 \times 9.8 \times 10 \sin 30° = 98$ Joule

৪. i. $E_A = mgh = 2 \times 9.8 \times 10 \sin 60° = 169.74$ J
ii. $E_C = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (4)^2 = 16$ J
iii. $E_A \neq E_C$, সুতরাং শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে না।

৭. $\omega = \sqrt{\frac{a}{x}}$
$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{x}{a}}$;
$\therefore T \propto \sqrt{x}$

৯. $R = \frac{f}{F}$; $F = \frac{f}{R} = \frac{10.52}{0.75} = 14.027$ mm Hg

১১. $P = \frac{F}{A} = \frac{2 \times 10^4}{10^{-6}} = 2 \times 10^{10}$ Nm^{-2}

১৫. $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} = 3\hat{i} - 4\hat{j} - 3\hat{i} + 4\hat{j} = 0$; সুতরাং এটি একটি নাল ভেক্টর

১৬. $A = 0.5$ mm$^2 = 0.5 \times 10^{-6}$m^2
$P = \frac{F}{A} = \frac{10 \times 9.8}{0.5 \times 10.6} = 1.96 \times 10^8$ Nm^{-2}

২০. $\frac{v_p}{v_e} = \frac{\sqrt{2g_pR_p}}{\sqrt{2g_eR_e}} = \sqrt{\left(\frac{R_p}{R_e}\right) \times \left(\frac{g_p}{g_e}\right)} = \sqrt{\left(\frac{0.5R_e}{R_e}\right) \times \left(\frac{2g_e}{g_e}\right)} = 1$
$\therefore V_p = V_e$

২২. $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{2} = 3.14$ rad s^{-1}

২৮ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	ঘ	৪	ক	৫	গ	৬	ক	৭	গ	৮	গ	৯	ঘ	১০	ঘ	১১	ক	১২	খ	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	খ	২০	গ	২১	ঘ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	ক	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. স্প্রিং এ সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2}kx^2$ বা, $U \propto x^2$ বা, $\frac{U_2}{U_1} = \frac{x_2^2}{x_1^2}$
বা, $\frac{U_2}{U} = \frac{10^2}{2^2}$ বা, $\frac{U_2}{U} = 25 \therefore U_2 = 25U$

৪. $g' = \frac{4}{3}\pi\rho Gd$ অর্থাৎ, $g' \propto d$, এজন্য মূলবিন্দুগামী সরলরেখা নির্দেশ করে।

৫. দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ হলে, নতুন দৈর্ঘ্য, $l' = 2L$ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $l = l' - L = 2L - L = L$
$\therefore$ বিকৃতি $= \frac{l}{L} = \frac{L}{L} = 1$

৮. $|\hat{a}| = 1$, $|\hat{b}| = 1$, $|\hat{a} + \hat{b}| = \sqrt{3}$ হলে, $(\sqrt{3})^2 = (\hat{a})^2 + |\hat{b}|^2 + 2|\hat{a}||\hat{b}|\cos\theta$
বা, $3 = 1 + 1 + 2.1.1 \cos\theta$ বা, $\cos\theta = \frac{1}{2} \therefore \theta = 60°$

১১. $v_{max} = \omega A = 16$, $|a_{max}| = \omega^2 A = 24$
এখন, $\frac{\omega^2 A}{\omega A} = \frac{24}{16}$ বা, $\omega = \frac{3}{2}$ rads^{-1}

১৬. বৃত্তাকার পথে নিরাপদ চলার ক্ষেত্রে, ঘর্ষণ বল = কেন্দ্রমুখী বল $= \frac{mv^2}{r} =$
$\frac{1100 \times (40)^2}{400} = 4400$ N

১৭. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 273}{32 \times 10^{-3}}} = 461.287$ ms^{-1}

১৮. গতিশক্তি, $E = \frac{3}{2}nRT$ বা, $E \propto T$, অর্থাৎ,
$\frac{E_2}{E_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{273 + 27}{273} = \frac{300}{273} = \frac{100}{91}$ বা, $E_2 : E_1 = 100 : 91$

২৩. $\vec{A}.\vec{B} = 4$ বা, $|\bar{A}||\bar{B}| \cos\theta$ বা, $2 \times 4 \times \cos\theta = 4$
বা, $\cos\theta = \frac{1}{2} \therefore \theta = 60°$।

৩০ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	ক	৪	গ	৫	ঘ	৬	গ	৭	গ	৮	ঘ	৯	খ	১০	খ	১১	ক	১২	ক	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	গ	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	ক	২১	গ	২২	গ	২৩	গ	২৪	ক	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

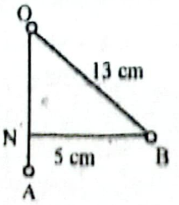
১. $g_h = g\left(1 - \frac{h}{g}\right)$ বা, $g_h = -\left(\frac{g}{R}\right)h + g$
$\therefore y = mx + c$; যা সরলরৈখিক।
এবং m ধনাত্মক।

২. $\sigma = \frac{dL}{Dl}$ বা, $d = \frac{\sigma Dl}{L} = \frac{0.1 \times 1 \times 10^{-3} \times 0.025 \times 10^{-2}}{1} = 2.5 \times 10^{-8}$ m
$= 2.5 \times 10^{-5}$ mm

৩. $Y = \frac{FL}{Al} = \frac{mgL}{Al} = \frac{mgL}{\frac{\pi D^2}{4}l} = \frac{2 \times 9.8 \times 1}{\frac{\pi \times (1 \times 10^{-3})^2}{4} \times 0.025 \times 10^{-2}}$
$= 9.98 \times 10^{10}$ Nm^{-2}
$\therefore Y_{cu} < Y < Y_s$

৪. $W = mg = 5 \times 9.8 = 49$ N

৫. i. $ON = \sqrt{13^2 - 5^2} = 12$ cm
$\therefore AN = 13 - 12 = 1$ cm
$E_k = mgh = 5 \times 10^{-3} \times 9.8 \times 1 \times 10^{-2}$
$= 4.9 \times 10^{-4}$ J
iii. ত্বরণ, $a = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \times$ সরণ



৬. $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}} \therefore K = \frac{4m\pi^2}{T^2} = \frac{4 \times 0.01 \times \pi^2}{2^2}$
$= 0.09854$ Nm^{-1}

৭. $\frac{E_k}{E_p} = \frac{\frac{1}{2}k(A^2 - x^2)}{\frac{1}{2}kx^2} = \frac{0.1^2 - 0.02^2}{0.02^2} = \frac{24}{1}$

১৭. (ii) $\cos\theta = \frac{\vec{B}.\vec{C}}{BC} = \frac{\hat{k}.(\hat{i} - \hat{j})}{1 \times \sqrt{2}} = 0$
$\therefore \theta = 90°$

(iii) $\vec{\nabla} \times \vec{A} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ k & k & 0 \end{vmatrix}$

$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & 0 & k \end{vmatrix} = 0$

২০. $\frac{E_k(L)}{E_k(H)} = \frac{\frac{1}{2}m_L v^2}{\frac{1}{2}m_H v^2} = \frac{m}{2m} = \frac{1}{2}$ বা, $E_k(L) : E_k(H) = 1 : 2$

২২. $\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}m_H v_1^2} = \frac{(3v)^2}{v^2} = 9$

২৩. $E = \frac{P^2}{2m}$

$\therefore E = kP^2$ যা পরাবৃত্তের সমীকরণ।

২৪. $E_{p(8)} = mg \times 8 = 8\ mg$

$E_{k(8)} = \frac{1}{2}m\ 2g(10 - 8) = 2mg$

$\therefore \frac{E_{k(8)}}{E_{p(8)}} = \frac{2\ mg}{8\ mg} = \frac{1}{4}$

৩২ সিলেট বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	ⓚ খ	২	খ	৩	খ	৪	ঘ	৫	গ	৬	গ	৭	ক	৮	ঘ	৯	গ	১০	খ	১১	খ	১২	গ	১৩	খ
	১৪	ঘ	১৫	গ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	ক	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ঘ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৬. $W = mg\left(\frac{l}{2} - \frac{h}{2}\right) = 2 \times 9.8 \times (0.12 - 0.03) = 1.764\ J$

৭. $R^2 = P^2 + P^2 + 2P.P.\cos 90°$ বা, $R^2 = 2p^2$ বা, $R = \sqrt{2}\ p$

১০. $C_{rms} = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2}{3}} = \sqrt{\frac{3^2 + 4^2 + 5^2}{3}} = 4.08$ একক

১৩. $E = \frac{1}{2}k(\sqrt{3})^2 = \frac{B}{2}K; E_p = \frac{1}{2}(1)^2 = \frac{k}{2}; E_k = E - E_p = K; E_k : E_p = 2 : 1$

১৪. $\text{পীড়ন} = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} = \frac{20 \times 9.8}{10^{-6}} = 1.96 \times 10^8\ Nm^{-2}$

১৫. (i) দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{l}{L} = \frac{10^{-3}}{2} = 0.5 \times 10^{-3}$

(ii) ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $Y = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \frac{1.96 \times 10^8}{0.5 \times 10^{-3}} = 3.92 \times 10^{11}\ Nm^{-2}$

(iii) কৃতকাজ, $W = \frac{1}{2}\frac{YAl^2}{L} = \frac{1}{2}\frac{(3.92 \times 10^{11}) \times 10^{-6} \times (10^{-3})^2}{2} = 0.098\ J$

১৭. $h = (9 - 6) + (96 - 33) \times \frac{1}{100} = 3.63\ mm;$

$R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2} = \frac{40^2}{6 \times 3.63} + \frac{3.63}{2} = 75.276\ mm$

১৮. $E_k = 2E_p$ বা, $mgx = 2mg(h - x)$ বা, $x = \frac{2h}{3} \Rightarrow x = \frac{2 \times 30}{3}$ বা, $x = 20\ m$

৩৪ যশোর বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	গ	২	ক	৩	গ	৪	খ	৫	ঘ	৬	খ	৭	*	৮	ঘ	৯	খ	১০	খ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	খ	১৯	গ	২০	ঘ	২১	*	২২	গ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{r_1^3}$ বা, $r_2^3 = \frac{88^2 \times (1.5 \times 10^{11})^3}{365^2}$ বা, $r_2 = 5.81 \times 10^{10}\ m$

৪. $\omega = \frac{2\pi N}{T}$

বা, $\omega = \frac{2\pi \times 90}{60}$

বা, $\omega = 3\pi\ rads^{-1}$

৬. xy সমতলে, $|\vec{F}| = \sqrt{2^2 + (-4)^2} = \sqrt{20}\ N$

*৭. মহাকর্ষীয় ধ্রুবক 'G' মহাবিশ্বের কোনো কিছুর উপর নির্ভর করে না। এটি সর্বজনীন ধ্রুবক।

১১. $F = Fs + ma$ বা, $F = 1 + 2 \times 5 = 11\ N$

১৭. $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $L = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$ বা, $L = \frac{2^2 \times 10}{4 \times 3.14^2} = 1.01\ m$

১৮. $\tau = I\alpha$ বা, $\tau = mr^2\alpha = 2 \times (0.5)^2 \times 2 = 1\ Nm$

*২১. $(j \times k) \times (j \times i) = i \times (-k) = -(i \times k) = k \times i = j$

২২. $\frac{d^2y}{dt^2} + 25y$ বা, $\omega^2 = 25$ বা, $\omega = 5$ বা, $\frac{2\pi}{T} = 5$ বা, $T = 1.25$ sec.

২৩. $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ বা, $\frac{5 \times 10^5 \times 100}{300} = \frac{10^6 \times 58.3}{T_2}$

বা, $T_2 = 349.8\ K = 76.8°C$

৩৬ বরিশাল বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	ক	২	ক	৩	গ	৪	খ	৫	গ	৬	খ	৭	ক	৮	ক	৯	ঘ	১০	গ	১১	ঘ	১২	খ	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	গ	২২	ঘ	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. k_1 ও k_2 স্প্রিং সমান্তরালে যুক্ত থাকায় তুল্য স্প্রিং ধ্রুবক $k_p = k_1 + k_2$,

এখন, $\omega^2 = \frac{k_p}{m}$ বা, $\omega = \sqrt{\frac{k_p}{m}} = \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}}$

৩. $|\vec{P}| = 1$ বা, $\sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + q^2} = 1$ বা, $\frac{2 \times 1}{4} + q^2 = 1$

বা, $q^2 = 1 - \frac{1}{2}$ বা, $q^2 = \frac{1}{2}$ $\therefore q = \frac{1}{\sqrt{2}}$

৪. 2টি ভেক্টরের ডট্ গুণফল 0 হলে, ভেক্টরদ্বয় পরস্পর লম্ব।

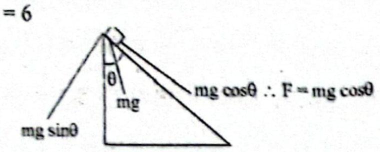
(i) $(3j - 2k).(4i) = 0$, (ii) $(3j - 2k).(2j) = 6 \neq 0$

(iii) $(3j - 2k).(2j + 3k) = 6 - 6 = 0$

৫. $5\frac{d^2x}{dt^2} + 180x = 0$ বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + 36x = 0$ এবং $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$ এর সাথে তুলনা করে। $\therefore \omega^2 = 36$

বা, $\omega = 6$

৭.



৮. $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{\frac{L_1 + L_1 \times 0.256}{L_1}} = \sqrt{\frac{L_1(1.256)}{L_1}} = \sqrt{1.256} = 1.12$

$\therefore T_2 = 1.12\ T_1, \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{1.12\ T_1 - T_1}{T_1} = \frac{0.12\ T_1}{T_1} \times 100\% = 12\%$

৯. $\frac{c_2}{c_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$ বা, $\frac{c_2}{c_1} = \sqrt{\frac{3T_1}{T_1}} = \sqrt{3} = 1.732$

$\therefore C_2 = 1.732\ C_1\ \Delta C = C_2 - C_1 = 1.732C_1 - C_1 = 0.732C_2$

$\therefore$ 0.732 গুণ বৃদ্ধি পাবে।

১১. $V = \sqrt{\frac{GM}{R + h}} = \sqrt{\frac{gR^2}{R + R}} = \sqrt{\frac{gR^2}{2R}} = \sqrt{0.5g\ R}$

১৮. AB ভরকেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক $I = \frac{1}{2}Mr^2$

$\therefore$ চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $K = \sqrt{\frac{I}{M}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}Mr^2}{M}} = \frac{r}{\sqrt{2}}$

১৯. সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য অনুযায়ী,

$I_{CD} = I_{AB} + Mr^2$ বা, $I_{CD} = \frac{1}{2}Mr^2 + Mr^2 = \frac{3}{2}Mr^2$

$I_{CD} = \frac{3}{2} \times 2r^2 = 3r^2$

২৩. $a_c = \frac{v^2}{r}$ বা, $r = \frac{v^2}{a_c} = \frac{(20)^2}{2} = 200\ m\ [v = 72\ kmhr^{-1} = 20\ ms^{-1}]$

২৪. $v_{max} = \omega A$, $x = \frac{A}{2}$ হলে, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

বা, $v = \omega\sqrt{A^2 - \frac{A^2}{4}} = \omega\sqrt{\frac{3A^2}{4}} = \frac{\omega\sqrt{3}A}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}\omega A = \frac{\sqrt{3}}{2}$

৩৮ ঢাকা বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	ক	২	খ	৩	গ	৪	ক	৫	ক	৬	গ	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	ক	১০	গ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	ক	১৯	খ	২০	ক	২১	খ	২২	গ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

১. $\sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + m^2} = 1$ বা, $\sqrt{m^2 + \frac{1}{2}} = 1$

বা, $m^2 + \frac{1}{2} = 1$ বা, $m^2 = \frac{1}{2}$ $\therefore m = \frac{1}{\sqrt{2}}$

২. $|\vec{A}| = \sqrt{(2)^2 + (2\sqrt{3})^2} = \sqrt{4 + 12} = \sqrt{16} = 4$

$\therefore$ y অক্ষের সাথে কোণ β হলে, $\cos\beta = \frac{2\sqrt{3}}{|\vec{A}|} = \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$= \cos 30°$

$\therefore \beta = 30°$

৪. সরণ, $\vec{r} = \vec{r_2} - \vec{r_1} = (4\hat{i} + 5\hat{j} + \hat{k}) - (3\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})$

$= \hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}$

কাজ, $W = \vec{F}.\vec{r} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}).(\hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k})$

$= 2.1 + 3.3 + (-4).2 = 2 + 9 - 8 = 3J$

৬. চাকতির জন্য, $I_1 = \frac{1}{2}Mr^2 = MK_1^2$ বা, $K_1 = \frac{r}{\sqrt{2}}$

রিং এর জন্য, $I_2 = Mr^2 = MK_2^2$ বা, $K_2 = r$

$\frac{K_1}{K_2} = \frac{\frac{r}{\sqrt{2}}}{r} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\therefore K_1 : K_2 = 1 : \sqrt{2}$

৯. $E_k = \frac{P^2}{2m}$ বা, $P^2 = 2mE_k$ বা, $P = \sqrt{2mE_k}$ বা, $P \propto \sqrt{E_k}$

$\frac{P_2}{P_1} = \sqrt{\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}}}$, গতিশক্তি 300% বাড়ালে, $E_{k_2} = E_{k_1} + E_{k_1} \times 300\%$

$= 4E_{k_1}$

$\frac{P_2}{P_1} = \sqrt{\frac{4E_{k_1}}{E_{k_1}}} = 2$ $\therefore P_2 = 2P$ বা, $\Delta P = \frac{P_2 - P_1}{P_1} = \frac{2P_1 - P_1}{P_1} \times 10$

$= 100\%$

১০. $E_{k_1} = \frac{P_1^2}{m}$, $E_{k_2} = \frac{P_2^2}{3m}$ বা, $\frac{E_{k_1}}{E_{k_2}} = \frac{\frac{P_1^2}{m}}{\frac{P_2^2}{3m}}$ বা, $\frac{2}{1} = \frac{3P_1^2}{P_2^2}$

বা, $\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{2}{3}$ বা, $\frac{P_1}{P_2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ $\therefore P_1 : P_2 = \sqrt{2} : \sqrt{3}$

১৪. পূর্ণ দৃঢ় বস্তুর জন্য বিকৃতি শূন্য এবং স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক অসীম।

১৮. $T = 20\ s$, $\omega = \frac{2\pi}{20}\ rads^{-1}$, $v_{max} = \omega A = \frac{2\pi}{20} \times 20 = 2\pi\ cms^{-1}$

১৯. $t = 0$ হলে, $5 = 20\sin\delta$ বা, $\sin\delta = \frac{1}{4}$ বা, $\delta = \sin^{-1}\left(\frac{1}{4}\right) = 14.48°$

২০. $\frac{g}{2}$ ত্বরণে নিচে নামলে কার্যকরী ত্বরণ, $a = g - \frac{g}{2} = \frac{g}{2}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$, কার্যকরী ত্বরণ কমে গেলে T বাড়বে।

৪০ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	ক	৪	ক	৫	খ	৬	খ	৭	ক	৮	ঘ	৯	খ	১০	ঘ	১১	গ	১২	খ	১৩	
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	গ	১৭	ঘ	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	খ	২২	ক	২৩	খ	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

৩. বৃত্তাকার স্কেলের দাগ সংখ্যা $= \frac{\text{পিচ}}{\text{লঘিষ্ঠ ধ্রুবক}} = \frac{0.5\ mm}{0.1\ m} = 50$

৫. $h_1 = \frac{0.12}{2} = 0.06\ m$, $h_2 = \frac{0.48}{2} = 0.24m$, কাজ, $W = mg(h_2 - h_1)$

$= 2.5 \times 9.8 \times (0.24 - 0.06) = 4.41\ J$

৬. $l_2 = l_1 + 0.01l_1 = 1.01l_1$, সুতরাং, $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}}$ বা, $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{1.01l_1}{l_1}} = \sqrt{1.01} = 1.005$ $\therefore T_2 = 1.005T_1$, $\Delta T = T_2 - T_1 = 1.005\ T_1 - T_1$

$= 0.005T_1$, $\frac{\Delta T}{T_1} = 0.005 \times 100\% = 0.5\%$

৯. $\hat{i}.(\hat{k} \times \hat{j}) = i.(-\hat{i}) = -1(\hat{i}.\hat{i}) = -1 \times 1 = -1$

১১. $a = \frac{F}{m} = \frac{1}{0.1} = 10\ ms^{-2}$

১৪. $P_1V_1 = P_2V_2$ বা, $P_1 \times \frac{1}{6}\pi D_1^3 = (P_1 + h\rho g)\frac{1}{6} \times \pi D_2^3$

বা, $\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \times P_1 = P_1 + h\rho g$ বা, $(3)^3P_1 = P_1 + h\rho g\ [\because D_1 = 3D_2)$

বা, $h = \frac{26P_1}{\rho g} = \frac{26 \times 10^5}{1000 \times 9.8} = 265.3\ m$

১৭. $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{\frac{1.01l_1}{l_1}}$ বা, $T' = 2 \times \sqrt{1.01}$ । দিনে n সেকেন্ড স হারালে $T' = \frac{2 \times 86400}{86400 - n} = 2 \times \sqrt{1.01}$ বা, $86400 - n = \frac{86400}{\sqrt{1.01}}$ ব

$= 428.78 \approx 429\ s$ ।

২৩. $F = mg$, $F' = \frac{mg}{4}$ $\therefore F - F' = mg - \frac{mg}{4} = \frac{3\ mg}{4}$

$\therefore \frac{F - F'}{F} \times 100\% = \frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$

২৫. $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2}u_2$ বা, $\frac{u_1}{4} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2}$

বা, $\frac{1}{4} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$

বা, $m_1 + m_2 = 4m_1 - 4m_2$ বা, $5m_2 = 3m_1$

বা, $m_2 = \frac{3m_1}{5} = \frac{3 \times 7}{5} = 4.2\ kg$

৪২ রাজশাহী বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	খ	৪	খ	৫	ক	৬	ঘ	৭	ঘ	৮	ক	৯	ক	১০	খ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	
	১৪	ক	১৫	ক	১৬	খ	১৭	গ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	খ	২১	খ	২২	খ	২৩	খ	২৪	ক	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

৫. $(\hat{i} \times \hat{j}) \times (\hat{i} \times \hat{k}) = \hat{k} \times (-\hat{j}) = -(\hat{k} \times \hat{j}) = -(-\hat{i}) = \hat{i}$

৭. ভূ-পৃষ্ঠের কাছাকাছি বৃত্তাকার পথে পরিভ্রমণরত কোনো উপগ্রহকে অতিরিক্ত $\left(11.2 - \frac{11.2}{\sqrt{2}}\right) = 3.28 \approx 3.25\ kms^{-1}$ বেগ দিলে সেটি পৃথিবীর আকর্ষণ ছাড়িয়ে চলে যাবে।

১০. $a = \omega^2x$ বা, $\omega = \sqrt{\frac{a}{x}}$ বা, $\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{80}{5}}$ বা, $\frac{2\pi}{T} = 4$ বা, $T = 2\pi \times \frac{1}{4}$

১৫. $W \propto g$, আবার, $g \propto \frac{1}{R^2}$ ব্যাসার্ধ দ্বিগুণ হলে g হবে $\frac{1}{4}$ গুণ। তাই ও
হবে $\frac{1}{4}$ গুণ।

১৯. $E_k' = 2E_k$ বা, $\frac{1}{2}mv'^2 = 2 \times \frac{1}{2}mv^2$ বা, $v' = \sqrt{2}\,v$ বা, $v' = 1.41v$
অর্থাৎ বেগ 1.41 গুণ বা 141% করতে হবে।

২০. $\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$ বা, $k_{eq} = \left(\frac{1}{200} + \frac{1}{300}\right)^{-1} = \frac{600}{5} = 120\ Nm^{-1}$

২১. $\theta = \cos^{-1}\frac{\hat{j}.(\hat{i}+\hat{j})}{|\hat{j}|.|\hat{i}+\hat{j}|} = \cos^{-1}\frac{1}{1 \times \sqrt{1^2+1^2}} = \cos^{-1}\frac{1}{\sqrt{2}} = 45°$

২৩. $PV = nRT$ বা, $PV = \frac{m}{M}RT$ বা, $V = \frac{mRT}{M \times P}$
$= \frac{20 \times 8.31 \times 310}{32 \times 1.5 \times 101325} = 1.05 \times 10^{-2}\ m^3$

২৪. $v_A = \omega_A r = \frac{2\pi n}{t} r_A = \frac{2\pi \times 20}{5} \times 0.05 = 1.256\ ms^{-1}$

৪৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	ক	২	গ	৩	গ	৪	ঘ	৫	গ	৬	ক	৭	ক	৮	ঘ	৯	খ	১০	গ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	ক	১৯	গ	২০	ক	২১	ক	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $v_A = \omega_A r_A = \left(\frac{2\pi N}{t}\right) \times r_A = \frac{2\pi \times 20}{5} \times 0.05 = 1.256\ ms^{-1}$

২. $L_A = m_A\omega_A r_A^2 = 0.002 \times \frac{2\pi \times 20}{5} \times (0.05)^2 = 1.256 \times 10^{-4}\ kgm^2s^{-1}$
$L_B = m_B\omega_B r_B^2 = 0.006 \times \frac{2\pi \times 20}{5} \times (0.04)^2 = 2.41 \times 10^{-4}\ kgm^2s^{-1}$
$L_C = m_c\omega_c r_c^2 = 0.004 \times \frac{2\pi \times 20}{5} \times (0.03)^2 = 9.047 \times 10^{-5}\ kgm^2s^{-1}$
$\therefore L_B > L_A > L_C$

৪. $|\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}| = \sqrt{(1)^2 + (-1)^2 + 1^2} = \sqrt{3}$, তাই $\frac{\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}}{\sqrt{3}}$ ভেক্টরটির মান $= \frac{|\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}|}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 1$. ভেক্টরটি একক ভেক্টর।

৬. $m_1 = 4m_2$ আবার, $E_k = \frac{P_1^2}{2m_1} = \frac{P_2^2}{2m_2}$ বা, $\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{2m_1}{2m_2} = \frac{4m_2}{m_2} = \frac{4}{1}$
বা, $\frac{P_1}{P_2} = \frac{2}{1}$ বা, $P_1 : P_2 = 2 : 1$।

৭. ঘন্টা, মিনিট ও সেকেন্ডের কাঁটার কৌণিক বেগের অনুপাত $= \frac{2\pi}{12 \times 60 \times 60} : \frac{2\pi}{60 \times 60} : \frac{2\pi}{60} = \frac{1}{720} : \frac{1}{60} : 1 = 1 : 12 : 720$

১০. $F = kx$ বা, $k = \frac{F}{x} = \frac{500}{0.1} = 5000\ Nm^{-1}$ আবার, $mg = kx_1$
বা, $x_1 = \frac{mg}{k} = \frac{20 \times 9.8}{5000} = 0.0392$, $U = \frac{1}{2}kx_1^2$
$= \frac{1}{2} \times 5000 \times (0.0392)^2 = 3.80J$

১৪. $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, $m_1 = 2m$, $v_1 = 2v$ হলে, $E_{k_1} = \frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}.\ 2m.(2v)^2$
$= 8.\frac{1}{2}mv^2 = 8\ E_k$

১৬. $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24\ hour} = \frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60}\ rads^{-1} = 7.27 \times 10^{-5}\ rads^{-1}$

১৯. $a_{max} = \omega^2A = 30cms^{-2}$ $v_{max} = \omega A = 15\ cms^{-1}$
$\frac{a_{max}}{v_{max}} = \frac{\omega^2}{\omega} = \frac{30}{15}$ বা, $\omega^2 = 2$ বা, $\frac{2\pi}{T} = 2$ বা, $T = \pi = 3.14\ s$

৪৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২

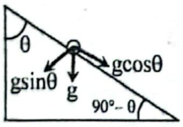
উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	গ	৪	খ	৫	গ	৬	ক	৭	খ	৮	ক	৯	খ	১০	ক	১১	ক	১২	গ	১৩	ঘ
	১৪	ক	১৫	খ	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	খ	২১	ঘ	২২	ক	২৩	ক	২৪	ঘ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৬. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 101325}{0.09}} = 1837.8\ ms^{-1} = 1.84\ kms^{-1}$

৮. $R = \frac{f}{F}$ বা, $F = \frac{f}{R} = \frac{10.52\ mmHgP}{0.8} = 13.15\ mmHgP$

৯.



তল বেয়ে পড়তে থাকলে ত্বরণ = g cos θ

১০. $Y = \frac{FL}{Al}$ বা, $l = \frac{FL}{AY} = \frac{20 \times 2}{1 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{11}} = 2 \times 10^{-4}m$

১১. $Y = \frac{F_2L}{A_2l_2}$ বা, $l_2 = \frac{F_2L}{A_2Y} = \frac{2 \times 20 \times 2}{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{11}} = 2 \times 10^{-4}\ m$
$\therefore l_2 = l$ বা, $l_2 = \frac{l_2}{l} = 1$

১৪. OZ এর সাথে কোণ = $\theta = 90° - 31° = 59°$ ∴ OZ বরাবর উপাংশ $20\cos\theta = 20\cos(59°) = 10.3N$

১৮. $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ বা, $\frac{2V_1}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ বা, $T_2 = 2T_1 = 2 \times (273 + 40) = 626\ K$
$= 353°C$

২১. $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(u^2 - 2gh) = \frac{1}{2}mu^2 - 2gh$
বা, $E_k = (-2gh)h + \frac{1}{2}mu^2$; যে সমীকরণটি $y = mx + c$ এর অনুরূপ এবং m ঋণাত্মক।

২২. $g = \frac{GM}{R^2}$ বা, $R^2 = \frac{G}{g}M$ বা, $\frac{G}{g} = \frac{R^2}{M}$

২৪. T = 2s (সেকেন্ড দোলক) $\therefore 2 = 2\pi\sqrt{\frac{l+r}{g}}$ বা, $1 = \pi\sqrt{\frac{l+r}{g}}$
বা, $1 = \pi^2\frac{(l+r)}{g}$ বা, $g = \pi^2(l+r)$

৪৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	খ	৪	গ	৫	গ	৬	গ	৭	ঘ	৮	ক	৯	ঘ	১০	খ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	ক	১৭	ক	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	গ	২১	ঘ	২২	গ	২৩	ক	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ বা, $C_{rms} \propto \sqrt{T}$

৫. প্রতি মিনিটে 30 বার ঘোরায় কৌণিক বেগ, ω = 30 rpm

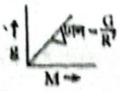
৬. $\omega = \frac{2\pi n}{t} = \frac{2\pi \times 30}{60} = \pi\ rads^{-1}$, $L = I\omega = 2 \times \pi = 2\pi$

৯. $P = 3N$, $Q = 4N$, $\theta = 90°$
$|\vec{P} \times \vec{Q}| = PQ\sin 90° = 3.4.1 = 12\ N$

১৩. $W = Fs$, দাঁড়িয়ে থাকায় সরণ, $s = 0$, তাই, $W = 0$

১৪. $v_e = \sqrt{2gR}$ বা, $v_e \propto \sqrt{R}$ [R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ]

১৭. $g = \frac{GM}{R^2}$ বা, $g = \frac{G}{R^2}M$ বা, $y = mx$ আকৃতির সরলরেখা



২০. $Y = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$, কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তারের জন্য Y ধ্রুবক থাকে। তাই বিকৃতির যেকোন মানের জন্য Y এর মান একই।

২৩. x m উচ্চতায়, $E_p = mgx$, $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(0^2 + 2g(35 - x))$
$= mg(35 - x)$
$E_k = 2E_p$ হলে, $mg(35 - x) = 2mgx$ বা, $35 - x = 2x$
বা, $3x = 35$ $\therefore x = \frac{35}{3} = 11.67m$

৫০ সিলেট বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	ⓑ	২	ⓑ	৩	ⓐ	৪	ⓓ	৫	ⓑ	৬	ⓒ	৭	ⓑ	৮	ⓑ	৯	ⓑ	১০	ⓐ	১১	ⓑ	১২	*	১৩	
	১৪	ⓓ	১৫	ⓓ	১৬	ⓒ	১৭	ⓑ	১৮	ⓒ	১৯	ⓐ	২০	ⓑ	২১	ⓐ	২২	ⓐ	২৩	ⓑ	২৪	ⓐ	২৫	ⓓ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. O বিন্দুর দশা 0° এবং P বিন্দুর দশা $= 2\pi + \frac{\pi}{2} = \frac{5\pi}{2}$.
দশা পার্থক্য $= \frac{5\pi}{2} - 0 = \frac{5\pi}{2}$

৩. $AP = \lambda$ এবং $PC = \frac{\lambda}{2}$, $AP : PC = \lambda : \frac{\lambda}{2} = 2 : 1$।

৯. ভরবেগের পরিবর্তন $(mv - mu)$ = বল (F) × বলের ক্রিয়াকাল (t) $= 4 \times 1 = 4\ kgms^{-1}$

* ১২. $Y = \frac{FL}{Al}$ বা, $l = \frac{FL}{AY}$
$= \frac{20 \times 20}{1 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{11}} = 2 \times 10^{-3}\ m$

১৩. $l' = \frac{F' \times L}{A' \times Y} = \frac{40 \times 20}{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{11}} = 2 \times 10^{-3}\ m$
$l' = l$। তাই দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 1 গুণ হবে।

১৪. $T = 2\pi\sqrt{\frac{l + r}{g}}$, বা, $2 = 2\pi\sqrt{\frac{l + r}{g}}$ বা, $1 = \pi\sqrt{\frac{l + r}{g}}$ বা, $g = \pi^2 l$

১৯. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 101325}{0.09}} = 1.84 \times 10^3\ ms^{-1} = 1.84\ kms$

২১. $\hat{j} \times (\hat{j} \times \hat{k}) = \hat{j} \times \hat{i} = -\hat{k}$

২৩. $U = \frac{T}{2}$ বা, $mgx = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}mv^2$ বা, $mgx = \frac{1}{4} \times m \times 2g(h - x)$
বা, $2x = 60 - x$ বা, $3x = 60$ বা, $x = 20\ m$

৫২ যশোর বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	ⓑ	২	ⓐ	৩	ⓓ	৪	ⓒ	৫	ⓓ	৬	ⓓ	৭	ⓒ	৮	ⓑ	৯	ⓐ	১০	ⓓ	১১	ⓒ	১২	ⓓ	১৩	
	১৪	ⓒ	১৫	ⓐ	১৬	ⓑ	১৭	ⓒ	১৮	ⓑ	১৯	ⓐ	২০	ⓓ	২১	ⓒ	২২	ⓑ	২৩	ⓓ	২৪	ⓑ	২৫	ⓒ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $\vec{A}.\vec{B} = 0$ বা, $(2\hat{i} + 3\hat{j}).(m\hat{i} - 2\hat{j}) = 0$ বা, $2m - 6 = 0$ বা, $m = 3$

৭. $F = ma = m\omega^2 r = m\left(\frac{2\pi N}{t}\right)^2 r = 0.1 \times \left(\frac{2\pi \times 90}{60}\right)^2 \times 0.5 = 4.44N$

১০. $E_k = \frac{P^2}{2m} = \frac{(200)^2}{2 \times 100} = 200\ J$

১৪. $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{22}}{7 \times 10^7}} = 61.7\ kms^{-1}$

১৭. আয়তন বিকৃতি, $\frac{v}{V} = 10\% = 0.1$ এবং $B = \frac{P}{\frac{v}{V}}$ বা, $P = B \times \frac{v}{V}$
$= 2 \times 10^9 \times 0.1 = 2 \times 10^8 = 0.02 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$

২০. i) $x = A$ হলে, $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2} = \omega\sqrt{A^2 - A^2} = \omega \times 0 = 0$
ii) $a = -\omega^2 x$, $a_{max} = -\omega^2 A$ যখন $x = A$
iii) $F = ma$ বা, $F_{max} = ma_{max} = -m\omega^2 x = -m\omega^2 A$ যখন, $x = A$

২২. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ বা, $T \propto \frac{1}{\sqrt{k}}$, স্প্রিং ধ্রুবক বাড়লে দোলনকাল কমবে।

২৩. i) 22.4 L বায়ুতে থাকে $6.-23 \times 10^{23}$ টি অণু। তাই 1L এ
$\frac{6.023 \times 10^{23}}{22.4} = 2.7 \times 10^{22}$ টি অণু
ii) $E = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \times 1.37 \times 10^{-21} \times 300 = 6.15 \times 10^{-21} \approx 6.12 \times 10$
iii) $C_{rms} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 101325}{1.43}} = 461.05 \approx 461.18\ ms^{-1}$

৫৩ বরিশাল বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	ⓐ	২	ⓓ	৩	*	৪	ⓐ	৫	ⓒ	৬	ⓐ	৭	ⓐ	৮	ⓒ	৯	ⓓ	১০	ⓑ	১১	ⓐ	১২	ⓒ	১৩	
	১৪	ⓒ	১৫	ⓓ	১৬	ⓓ	১৭	ⓐ	১৮	ⓒ	১৯	ⓓ	২০	ⓐ	২১	ⓒ	২২	ⓐ	২৩	ⓒ	২৪	ⓑ	২৫	ⓒ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

* ৩. দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $l = L \times 15\% = 0.15\ L$

$$Y = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{l}{L}} \text{ বা, } \frac{F}{A} = \frac{Yl}{L} = \frac{2 \times 10^{11} \times 0.15L}{L} = 3 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$$

$$E = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}\frac{W}{M}RT = \frac{3}{2} \times \frac{32}{32} \times 8.314 \times 300$$
$$= 3741.3\ J$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right).(x^2\hat{i} - 2z\hat{j} + y\hat{k})$$
$$) + \frac{\partial}{\partial y}(-2z) + \frac{\partial}{\partial z}(y) = 2x + 0 + 0 = 2x$$

x m উচ্চতায়, $E_p = mgx$; $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m[0^2 + 2g(15$
$mg(15 - x)$
হলে, $mgx = 2\ mg(15 - x)$ বা, $x = 30 - 2x$
.0
10 m

১৫. $Fx = mg(h + x)$
বা, $F = \frac{mg(h + x)}{x}$
$= \frac{0.2 \times 9.8 \times (15 + 0.1)}{0.1} = 295.96\ N$

২১. বেগ v হলে, $E'_k = \frac{1}{2}mv^2$, $v' = \frac{2v}{3}$ হলে, $E'_k = \frac{1}{2}mv'^2$
বা, $E_k' = \frac{1}{2}m\left(\frac{2v}{3}\right)^2 = \frac{4}{9} \times \frac{1}{2}mv^2 = \frac{4}{9}E_k$

২৩. h_1 উচ্চতায় $g_1 = g\left(1 - \frac{2h_1}{R}\right)$, h_2 গভীরতায় $g = g\left(1 - \frac{h_2}{R}\right)$
$g_1 = g_2$ হলে $g\left(1 - \frac{2h_1}{R}\right) = g\left(1 - \frac{h_2}{R}\right)$ বা, $1 - \frac{2h_1}{R} = 1 - \frac{h_2}{R}$
বা, $\frac{2h_1}{R} = \frac{h_2}{R}$ বা, $h_2 = 2h_1$ বা, $\frac{h_2}{h_1} = \frac{2}{1}$ $\therefore h_2 : h_1 = 2 : 1$

২৪. $\omega = 2\pi$, $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1\ sec$

শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

ক্যাডেট কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর

১৩৩ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	খ	৪	গ	৫	গ	৬	*	৭	খ	৮	ঘ	৯	ক	১০	ক	১১	ঘ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	ঘ	১৫	গ	১৬	খ	১৭	খ	১৮	গ	১৯	গ	২০	গ	২১	গ	২২	গ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\vec{OC} = \hat{i} + \hat{j}$ বা, $|\vec{OC}| = \sqrt{1^2+1^2} = \sqrt{2}$, $\vec{OA}$ হলো $\vec{OC}$ এর উপর লম্ব, $\vec{OA} = \hat{k}$ বা, $|\vec{OA}| = 1$ এবং $\theta = 90°$

$\therefore$ ক্ষেত্রফল $= |\vec{OA}| \times |\vec{OC}| \times \sin\theta = 1 \times \sqrt{2} \times \sin 90° = \sqrt{2}$

৫. $h = d\sin\theta = 80 \times \sin 10° = 13.89$ cm

*৬. $E_k = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2} \times \frac{1}{4} \times 8.31 \times (273 + 15) = 897.48$ J

সুতরাং সঠিক উত্তর নাই।

৭. বিকৃতি $= \frac{l}{L}$ বা, $l = 0.001\% \times 10 = \frac{0.001}{100} \times 10 = 1 \times 10^{-4}$

৮. (i) দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= 0.001\% = \frac{0.001}{100} = 1 \times 10^{-5}$

(ii) ইয়াংস মডুলাস, $Y = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \frac{mg/A}{\text{বিকৃতি}} = \frac{1 \times 9.8}{2 \times 10^{-6} \times 10^{-5}}$
$= 4.9 \times 10^{11}$ Nm^{-2}

(iii) একক আয়তনের সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2} \times$ পীড়ন $\times$ বিকৃতি

$= \frac{1}{2} \times \frac{mg}{A} \times \frac{0.001}{100} = \frac{1 \times 9.8}{2 \times 10^{-6}} \times \frac{0.001}{100} = 24.5$ J

১৬. ওজন কমে $F_y = 19.6 \sin 30° = 9.8\text{ N} = \frac{9.8}{9.8}\text{kg} = 1$ kg

১৮. $T \propto \sqrt{L}$ বা, $T^2 \propto L$ $\therefore \frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 1 : 4$

১৩৪ ময়মনসিংহ গার্লস ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	*	২	গ	৩	গ	৪	*	৫	ক	৬	ঘ	৭	*	৮	ক	৯	খ	১০	ক	১১	ঘ	১২	*	১৩	খ
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	খ	২১	গ	২২	গ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	*		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

*১. $C \propto \sqrt{T}$ $\therefore \frac{C_2}{C_1} = \frac{\sqrt{T_2}}{\sqrt{T_1}} = \frac{\sqrt{200+273}}{\sqrt{100+273}} = 1.12$ বা, $C_2 = 1.12C_1$

সুতরাং সঠিক উত্তর নাই।

*৪. (i) টারবাইনের মোট ক্ষমতা $= \frac{100}{0.9 \times 0.9} = 123.46$ kW

(ii) ট্রান্সফর্মারের কার্যকর ক্ষমতা $= 100 \times 0.9$ kW $= 90$ kW

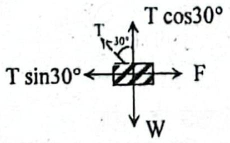
(iii) ট্রান্সমিশন লাইনের অপর প্রান্তে কার্যকর ক্ষমতা হবে, $90 \times 0.9 = 81$ kW

সুতরাং সঠিক উত্তর শুধু (i)।

*৭. $\sigma = \frac{\Delta d/d}{\Delta l/L}$ বা, $0.1 = \frac{\Delta d/1}{\frac{0.025 \times 10^{-2}}{1}}$ বা, $\Delta d = 2.5 \times 10^{-5}$ mm

৯. $W = 10 \times 10 = T\cos 30°$

বা, $T = \frac{100}{\cos 30°} = \frac{100}{\frac{\sqrt{3}}{2}}$



$\therefore F = T\sin 30° = \frac{100}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \times \frac{1}{2} = \frac{100}{\sqrt{3}}$N.

১০. $8\frac{d^2x}{dt^2} + 200x = 0$ বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + 25x = 0$ $\therefore \omega^2 = 25$ বা, $\omega = 5$ rads^{-1}

*১২. মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র দ্বারা কোনো বস্তুর যতটুকু ভর প্রভাবিত হয় তাকেই মহাকর্ষীয় ভর বলা হয়। মহাকর্ষীয় ভর শুধুমাত্র মান নির্দেশ করে তাই এটি একটি স্কেলার রাশি। অপরদিকে কাজ হলো বল ও সরণ ভেক্টরের স্কেলার গুণফল, যা একটি মান নির্দেশ করে। অর্থাৎ কাজও একটি স্কেলার রাশি।

সুতরাং সঠিক উত্তর (ক) ও (খ) উভয়ই।

১৬. $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ বা, $\frac{V_1}{303} = \frac{3V_1}{T_2}$ বা, $T_2 = 909$ K

$\therefore T_2 = (909 - 273)°C = 636°$ C.

১৯. $I = \frac{Mr^2}{2} = \frac{2.5 \times (2)^2}{2} = 5$ kgm^2 $\therefore \tau = I\alpha = 5 \times 10 = 50$ Nm.

২০. $E_K = \frac{1}{2}I\omega^2$ বা, $I = \frac{2E_k}{\omega^2} = \frac{2E_k}{\left(\frac{2\pi N}{T}\right)^2} = \frac{2 \times 2400}{\left(\frac{2\pi \times 602}{60}\right)^2} = 1.20$ kgm^2

২২. $I_A = \frac{GM}{r_A^2} = G \times \frac{1}{1^2} = G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nkg^{-1}

*২৫. (i) $v > v_E$ হলে অধিবৃত্তাকার পথে পৃথিবী ত্যাগ করবে।

(ii) $v^2 = v_E^2$ বা, $v = v_E$ হলে পৃথিবী ত্যাগ করবে।

(iii) $v = v_E$ হলে পৃথিবী ত্যাগ করবে।

সুতরাং, সঠিক উত্তর শুধুমাত্র (i)।

১৩৫ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	খ	৩	গ	৪	ক	৫	ক	৬	ঘ	৭	খ	৮	ঘ	৯	*	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	ঘ	১৮	গ	১৯	গ	২০	খ	২১	ক	২২	গ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $v = \omega r = \frac{2\pi N}{t} \times r = \frac{2\pi \times 1}{12 \times 3600} \times 0.15 = 0.22 \times 10^{-4}$ ms^{-1}

*৯. $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$ বা, $v = \sqrt{rg\tan\theta} = \sqrt{25 \times 9.8 \times \tan 30°} = 11.89$ ms^{-1}

সুতরাং, সঠিক উত্তর নাই।

১৬. $W = mg' = m(g - \omega^2 R\cos^2\lambda)$

$= 60 \times \left\{9.81 - \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R\cos^2 45\right\}$

$= 60 \times \left\{9.81 - \left(\frac{2\pi}{86400}\right)^2 \times 6.4 \times 10^6 \times \cos^2 45°\right\} = 587.58$ N

২২. $\sigma = \frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta l}{l}}$ বা, $\Delta r = \sigma \times \frac{\Delta l}{L} \times r = 0.2 \times \frac{0.25 \times 10^{-3}}{2} \times 2 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-8}$ m

২৩. বিকৃতি $= \frac{L_0}{L_0} = 1$; পীড়ন = ইয়াংস মডুলাস × বিকৃতি $= Y \times 1 = 2 \times 10^{11}$ Nm^{-2}

২৪. $m = \rho V = \rho\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 h = 1000 \times \pi \times \left(\frac{1.5}{2}\right)^2 \times 10 = 5625\pi$

$\therefore W = mgh' = mg\frac{h}{2} = 5625\pi \times 9.8 \times \left(\frac{10}{2}\right) = 275625\pi$

$\therefore P = \frac{W}{t} = \frac{275625\pi}{25 \times 60} = 577.27W = 0.773\ HP$

২৫. $t = \frac{W}{P + P'} = \frac{275625\pi}{577.27 + 0.4 \times 746} = 988.84\ sec = 16.48\ min$

সময় বাঁচবে $= (25 - 16.48) = 8.52\ min$

১৩৬ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	গ	৪	ক	৫	ঘ	৬	খ	৭	খ	৮	ক	৯	ঘ	১০	গ	১১	ক	১২	খ	১৩
	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	ক	২১	খ	২২	ঘ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	ঘ	

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. B বিন্দুতে $F = 6\ N$, $x = 4\ cm = 0.04\ m$, বল ধ্রুবক, $k = \frac{F}{x} = \frac{6}{0.04} = 150$

৪. $x = 3\ cm$ হলে সঞ্চিত শক্তি, $W = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 150 \times (0.03)^2 = 0.0675\ J$

৭. গড় বর্গবেগ, $C^2 = \frac{2^2 + 4^2}{2} = 10\ m^2s^{-2}$

৮. $\frac{C_2}{C_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{273 + 273}{0 + 273}} = \sqrt{\frac{546}{273}} = \sqrt{2}\ \therefore C_2 = \sqrt{2}C_1$

বর্গমূল গড় বর্গবেগ বৃদ্ধি পাবে, $\frac{C_2 - C_1}{C_1} \times 100\% = \frac{\sqrt{2}C_1 - C_1}{C_1} \times 100\% = (\sqrt{2} - 1) \times 100\% = 41.4\% \approx 40\%$

১২. $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$ বা, $v^2 = rg\tan\theta$ ব্যাংকিং কোণ θ ধ্রুবক হলে, $v^2 \propto r$

$\therefore \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{r_1}{r_2}$ বা, $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} = \sqrt{\frac{25}{36}} = \frac{5}{6}$

১৩. $E_k = \frac{1}{2}E_p$ বা, $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mgx$ [∵ ধরি, ভূমি থেকে উচ্চতা $= x$]

বা, $\frac{1}{2}m[u^2 + 2g(h - x)] = \frac{1}{2}mgx$

বা, $mg(h - x) = \frac{1}{2}mgx$, বা, $2h - 2x = x$

বা, $x = \frac{2h}{3} = \frac{2 \times 300}{3} = 200\ m$

১৪. $W = \vec{F}.\vec{r} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - \hat{k}).(\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}) = 2 + 3 - 1 = 4\ J$

১৫. $\cos\theta = \frac{\vec{F}.\vec{r}}{|\vec{F}||\vec{r}|} = \frac{4}{(\sqrt{2^2 + 3^2 + (-1)^2}).(\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2})} = \frac{4}{\sqrt{14}\sqrt{3}}$

$\therefore \theta = \cos^{-1}\left(\frac{4}{\sqrt{14}\sqrt{3}}\right) = 51.88°$

২৪. $h = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R = \left(\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24} \times (24 \times 60 \times 60)^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R$

বা, $R + h = 4.23 \times 10^7\ m$

$\therefore$ ব্যাস $= 2(R + h) = 8.46 \times 10^7\ m$

২৫. $R + h = 4.23 \times 10^7$

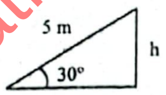
$\therefore h = 4.23 \times 10^7 - R = 4.23 \times 10^7 - 6.38 \times 10^6 = 3.56 \times 10^7\ m$

১৩৭ রংপুর ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	ঘ	৪	ক	৫	গ	৬	ঘ	৭	গ	৮	খ	৯	ক	১০	গ	১১	গ	১২	ঘ	১৩
	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	গ	১৭	গ	১৮	খ	১৯	ক	২০	গ	২১	ঘ	২২	গ	২৩	গ	২৪	ক	২৫	খ	

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 90}{60} = 3\pi\ rads^{-1}$



৪. প্রয়োজনীয় শক্তি $= mg(5\sin30°)$

$= 0.1 \times 9.8 \times 5\sin30° = 2.45\ J$

৭. কৃতকাজ, $W = \vec{F}.\vec{r} = (2\hat{i} + 3\hat{j} - \hat{k}).(\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}) = 2 + 3 + 1 = 6\ J$

১২. $E \propto T$ বা, $\frac{E_2}{E_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{227 + 273}{27 + 273} = 1.667$

বা, $E_2 = 1.667E_1 = E_1 + 0.667E_1$

সুতরাং গতিশক্তি বৃদ্ধি পাবে, 66.77%

১৩. কৃত্রিম উপগ্রহের বেগ, $v = \sqrt{\frac{GM}{R + R}} = \sqrt{\frac{GM}{2R}} = \sqrt{\frac{gR^2}{2R}} = \sqrt{0.5gR}$

১৫. রৈখিক বেগ, $v = \omega r = \frac{2\pi}{T} \times r = \frac{2\pi}{60} \times 0.03 = 3.14 \times 10^{-3}\ ms^{-1}$

১৬. ঘড়ির সেকেন্ডের কাঁটার (i) পর্যায়কাল $= 60s$ বা, $1\ min$

(ii) কম্পাঙ্ক, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{60} = 0.016\ Hz = 1.6 \times 10^{-2}\ Hz$

(iii) কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{60} = 0.1046\ rads^{-1}$

১৭. কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega \propto \frac{1}{\sqrt{L}}$ অর্থাৎ $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{4L_1}} = \frac{1}{2}$ বা, $\omega_2 = \frac{\omega_1}{2}$

১৩৮ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	গ	৪	খ	৫	ক	৬	খ	৭	ক	৮	গ	৯	ঘ	১০	খ	১১	ঘ	১২	খ	১৩
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	খ	১৯	গ	২০	*	২১	ক	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	ঘ	

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $v = at + bt^2$ এখানে bt^2 এর মাত্রা $[LT^{-1}]$

সুতরাং b এর মাত্রা $= \frac{[LT^{-1}]}{[T^2]} = [LT^{-3}]$

৩. লব্ধি বল F এবং ত্বরণ a হলে, $F - \mu mg\cos\theta = ma$

বা, $mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma$

বা, $a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$

৮. $g' = g\left(1 - \frac{h}{R}\right)$ বা, $0.99g = g(1 - h/R)$

বা, $\frac{h}{R} = 0.01$ বা, $h = 0.01 \times 6400$ বা, $h = 64\ km$

১১. Y অক্ষ বরাবর $3\hat{i} + 4\hat{k}$ ভেক্টরটির লম্ব অভিক্ষেপ $= \frac{(3\hat{i} + 4\hat{k}).\hat{j}}{|\hat{j}|} = \frac{0}{1} = 0$

১৪. ব্যাসার্ধ ত্রুটি, $\frac{\Delta r}{r} \times 100\% = 2\%$

সুতরাং আয়তন নির্ণয়ে ত্রুটি $= 3 \times \frac{\Delta r}{r} \times 100\% = 3 \times 2 = 6\%$

১৭. $\frac{Y_1}{Y_2} = \frac{l_2}{l_1} \Rightarrow \frac{Y_1}{Y_2} = \frac{5}{3}$

১৯. $\frac{C_{H_2}}{C_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = \frac{4}{1}$

*২০. $C_{rms} \propto \sqrt{T}$; $\frac{C'_{rms}}{C_{rms}} = \sqrt{\frac{1000}{100}} = \sqrt{10}$ সুতরাং সঠিক উত্তর নাই।

২২. $v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}\left\{a\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)\right\} = \frac{v_{max}}{2}$

বা, $a\omega\cos(\omega t + \pi/6) = \frac{a\omega}{2}$ বা, $\cos(\omega t + \pi/6) = \frac{1}{2} = \cos\left(\frac{\pi}{3}\right)$

বা, $\omega t + \pi/6 = \pi/3$ বা, $\frac{2\pi}{T}.t = \pi/6$ বা, $t/T = 1/12\ \therefore t = \frac{T}{12}$

২৫. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ বা, $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$
সমান্তরাল অবস্থায়, $k = k_1 + k_2$

বা, $\frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4\pi^2 m}{T_1^2} + \frac{4\pi^2 m}{T_2^2}$
বা, $T^{-2} = T_1^{-2} + T_2^{-2}$

১৩৯ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	ঘ	২	ঘ	৩	খ	৪	ঘ	৫	গ	৬	গ	৭	ঘ	৮	ক	৯	ক	১০	গ	১১	ক	১২	খ	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	খ	১৮	ক	১৯	ক	২০	ক	২১	ঘ	২২	গ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১১. $K_{eq} = K_1 + K_2$ সুতরাং $\omega = \sqrt{\frac{K_{eq}}{m}} = \sqrt{\frac{K_1 + K_2}{m}}$

১২. (i) $(4\hat{i}).(3\hat{j} - 2\hat{k}) = 4 \times 0 + 3 \times 0 - 2 \times 0 = 0$ সুতরাং লম্ব হবে।
(ii) $(2\hat{j}).(3\hat{j} - 2\hat{k}) = 2 \times 3 = 6 \neq 0$ সুতরাং লম্ব হবে না।
(iii) $(2\hat{j} + 3\hat{k}).(3\hat{j} - 2\hat{k}) = 2 \times 3 - 3 \times 2 = 0$ সুতরাং লম্ব হবে।

১৫. ধরি, ভেক্টরটি $a\hat{i} + b\hat{j}$। সুতরাং $\sqrt{a^2 + b^2} = 1$
বা, $a^2 + b^2 = 1$ এবং $(a\hat{i} + b\hat{j}).(\hat{i} - \hat{j} + \hat{k}) = 0$
বা, $a - b = 0$ বা, $a = b$
সুতরাং $a^2 + b^2 = 1$ বা, $2a^2 = 1$ বা, $a = \pm\frac{1}{\sqrt{2}}$ সুতরাং $b = \pm\frac{1}{\sqrt{2}}$
সুতরাং ভেক্টরটি হবে $\pm\frac{1}{\sqrt{2}}(\hat{i} + \hat{j})$

২০. $\lambda_C = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n\sigma^2} = \frac{1}{\sqrt{2} \times \pi \times (1.5 \times 10^{19} \times 1 \times 10^6) \times (2 \times 2 \times 10^{-8})^2}$
$= 9.38 \times 10^{-12}$ m

২২. $\left(\frac{T_v}{T_e}\right)^2 = \left(\frac{R_v}{R_e}\right)^3$ বা, $T_v = T_e \times \left(\frac{R_v}{R_e}\right)^{3/2} = 365 \times \left(\frac{54}{75}\right)^{3/2} = 223$ d

২৪. $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{g}{g'}}$ বা, $T' = T \times \sqrt{\frac{g}{g + \frac{g}{4}}} = T \times \frac{2}{\sqrt{5}}$

২৫. প্রয়োজনীয় শক্তি, $E = \frac{GMm}{R} = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 5 \times 10^{24} \times 2}{6.1 \times 10^6} = 1.1 \times 10^8$ J

১৪০ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	*	৪	খ	৫	খ	৬	গ	৭	খ	৮	*	৯	খ	১০	গ	১১	খ	১২	*	১৩	ক
	১৪	*	১৫	গ	১৬	গ	১৭	*	১৮	খ	১৯	গ	২০	ঘ	২১	ক	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

*৩. বাতাসের প্রবাহ পরস্পর বিপরীতমুখী। সুতরাং লব্ধি $R = V_S - V_N = 12 - 5 = 7\,\text{kmh}^{-1}$

৪. $\frac{AB\cos\theta}{AB\sin\theta} = \frac{18}{6\sqrt{3}}$ বা, $\cot\theta = \sqrt{3}$ বা, $\theta = 30°$

৬. কৌণিক ভরবেগ, $L = I\omega = I \times \frac{2\pi N}{T} = 2 \times \frac{2\pi \times 30}{60} = 2\pi$

*৮. মহাকর্ষ বলের সাপেক্ষে সবল নিউক্লিয় বল ও দুর্বল নিউক্লিয় বলের আপেক্ষিক সবলতা যথাক্রমে 10^{38} ও 10^{32}।
$\therefore \frac{\text{সবল নিউক্লিয় বল}}{\text{দুর্বল নিউক্লিয় বল}} = \frac{10^{38}}{10^{32}} = 10^6$

১০. $E_k = \frac{P^2}{2m}$ বা, $\frac{E_1}{E_2} = \frac{P_1^2}{2m} \times \frac{2(4m)}{P_2^2} = \frac{4P_1^2}{P_2^2}$
বা, $\frac{E_1}{E_2} = 4 \times \frac{P_1^2}{P_2^2}$ বা, $1 = 4\frac{P_1^2}{P_2^2}$ বা, $P_1 : P_2 = 1 : 2$

*১২. $v_e = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \times 3.8 \times 6000 \times 10^3} = 6752.7\,\text{ms}^{-1} = 6.752\,\text{kms}^{-1}$

*১৪. পৃথিবীতে বস্তুর ভর, $m = \frac{785N}{9.8} = 80.1$ kg
মঙ্গল গ্রহে বস্তুর অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g_m = \frac{298}{80.1} = 3.72\,\text{ms}^{-2}$
মহাকর্ষীয় প্রাবল্য, $E_m = g_m = 3.72\,\text{Nkg}^{-1}$

*১৭. পীড়ন = Y × বিকৃতি $= 4 \times 10^{11} \times \frac{0.075L}{L} = 3 \times 10^{10}\,\text{Nm}^{-2}$

২৩. $\bar{C} \propto \sqrt{T}$ বা, $\frac{\bar{C}_2}{\bar{C}_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{200 + 273}{100 + 273}} = 1.13$ বা, $\bar{C}_2 = 1.13\bar{C}_1$

শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর

১৪৫ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	খ	৪	ঘ	৫	ক	৬	গ	৭	ঘ	৮	গ	৯	ক	১০	গ	১১	ঘ	১২	খ	১৩	ঘ
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	গ	১৭	খ	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	ঘ	২২	ক	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $I = \frac{1}{2}Mr^2$ বা, $r = \sqrt{\frac{2I}{M}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.28}{0.7}} = 0.89$ m

৪. $I' = I_G + Mr^2 = \frac{1}{2}Mr^2 + Mr^2 = \frac{3}{2}Mr^2 = 3 \times \frac{1}{2}Mr^2 = 3I$

৬. $W_1 = \frac{1}{2}kx_1^2$ এবং $W_2 = \frac{1}{2}k(2x_1)^2 = 4 \times \frac{1}{2}kx_1^2 = 4 \times W_1$
কাজ বৃদ্ধি $= W_2 - W_1 = 4W_1 - W_1 = 3W_1 = 300\%$

৯. $m = \frac{W_e}{g_e} = \frac{785}{9.8} = 80.1$ kg, $g_m = \frac{W_m}{m} = \frac{298}{80.1} = 3.7\,\text{ms}^{-2}$
অভিকর্ষীয় ক্ষেত্রের তীব্রতা, $E_m = g_m = 3.7\,\text{ms}^{-2}$

১০. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT_1}{M_1}} = \sqrt{\frac{3RT_2}{M_2}}$ বা, $T_2 = T_1 \times \frac{M_2}{M_1}$
$= (-200 + 273) \times \frac{32}{2} = 1168\text{K} = 895\,°\text{C}$

১২. $E = \frac{f}{2}nRT = \frac{6}{2} \times \frac{2}{46} \times 8.314 \times (273 + 25) = 323.16\,\text{J} \approx 323$ J

১৪. মহাকাশে $g = 0\,\text{ms}^{-2}$; তাই, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{0}}$ = অসীম

১৪৬ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	ঘ	৪	গ	৫	ক	৬	গ	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	খ	১০	ঘ	১১	গ	১২	ক	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	খ	২১	গ	২২	ক	২৩	গ	২৪	খ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\theta = \cos^{-1}\left\{\frac{(\hat{i} + \hat{j}).(\hat{i} - \hat{k})}{\sqrt{1^2 + 1^2}.\sqrt{1^2 + (-1)^2}}\right\} = \cos^{-}\left(\frac{1}{\sqrt{2}.\sqrt{2}}\right)$
$= \cos^{-1}\left(\frac{1}{2}\right) = 60°$

২. ডট গুণন শূন্য হলে পরস্পর লম্ব হবে। অর্থাৎ, $(a\hat{i} + b\hat{j}).(\hat{i} + \hat{j}) = a + b = 0$ বা, $a = -b$; অতএব, সঠিক উত্তর $\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}$

৩. $\left|\vec{A} + \vec{B}\right| = \vec{R} = \sqrt{5^2 + 5^2 + 2.5 \times 5 \cos 60°} = 8.66$

৫. শর্তানুযায়ী ডাল না ভাঙার জন্য,
$m(g + a) = 1.25\ mg$ বা, $g + a = 1.25\ g$ বা, $a = 0.25\ g = \frac{g}{4}$

৭. মোট ভর, $m + M$। সুতরাং ত্বরণ, $a = \frac{F}{M + m}$
গাড়ির ওপর প্রযুক্ত বল, $F = Ma = M \times \left(\frac{F}{M + m}\right) = \left(\frac{M}{M + m}\right)F$

৮. হাতলের সাপেক্ষে হাতপাখার জড়তার ভ্রামক,
$I = \frac{1}{4}mr^2 + mr^2 = \frac{5}{4}mr^2$

৯. $W = F.S = (-4\hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}).(2\hat{j}) = 6\ J$

১০. ত্বরণ, $a = \frac{0.2}{5} = 0.04\ ms^{-2}$ এবং আদিবেগ, $u = \frac{P}{m} = \frac{10}{5} = 2$
সুতরাং শেষবেগ, $v = u + at = 2 + \frac{0.2}{5} \times 10 = 2.4\ ms^{-1}$।
গতিশক্তি $= \frac{P^2}{2m} = \frac{(10)^2}{2 \times 5} = 10\ J$ এবং শেষ গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}$
$(2.4)^2 = 14.4\ J$। সুতরাং, গতিশক্তি বৃদ্ধি হয়েছে 4.4 J।

১৭. শক্তি ঘনত্ব, $U = \frac{1}{2} \times$ পীড়ন $\times$ বিকৃতি $= \frac{1}{2} \times$ পীড়ন $\times \frac{\text{পীড়ন}}{\text{ইয়ং গুণাঙ্ক}}$
বা, $U = \frac{S^2}{2Y}$

১৯. $E = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (4\pi)^2 \times 4^2 = 256\ \pi^2\ J$

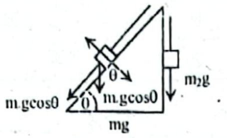
২০. আমরা জানি, $a = -\omega^2 x$। সুতরাং $\omega^2 = b$, বা $\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = b$ বা, $T =$

১৪৭ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা

উত্তর	১	(ক)	২	(গ)	৩	(গ)	৪	(ঘ)	৫	(ক)	৬	(ঘ)	৭	(ঘ)	৮	(খ)	৯	(ক)	১০	(ঘ)	১১	(খ)	১২	(ঘ)	১৩	
	১৪	(গ)	১৫	(খ)	১৬	(ক)	১৭	(ঘ)	১৮	(খ)	১৯	(গ)	২০	(ক)	২১	(খ)	২২	(খ)	২৩	(গ)	২৪	(ঘ)	২৫	(ঘ)		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. সাম্যবস্থায় সুতার টান সমান হবে।
অর্থাৎ $m_1\ g\sin\theta = m_2 g$
বা, $6g\sin\theta = 3g$
বা, $\sin\theta = \frac{1}{2}$
বা, $\theta = 30°$



২. $g' = g - \omega^2 R\cos^2\theta$; বিষুব রেখায় $g' = g - \omega^2 R$; ঘূর্ণন বন্ধ হলে, $\omega = 0$ হবে সেক্ষেত্রে $g' = g$ হবে।

৩. পীড়ন $P = \frac{F}{A}$ এবং $Y = \frac{FL}{Al}$ বা, $Y = \frac{FL}{AL/2} = \frac{2F}{A}$
বা, $\frac{F}{A} = \frac{Y}{2} = \frac{2 \times 10^{11}}{2} = 1 \times 10^{11} Nm^{-2}$

৪. (i) পয়সনের অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা;
(ii) $Y = Y_1$ বা, $\frac{FL}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 X} = \frac{F(3L)}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 X'}$ বা, $X' = \frac{3X}{4}$
(iii) পীড়ন $= \frac{F}{A'}$, ধ্রুব বলের জন্য, পীড়ন $\propto \frac{1}{A'}$; তাই পীড়নের পরিবর্তন ভিন্ন হবে।

৭. $C_{rms}\sqrt{\frac{2^2 + 2^2 + \dots\dots\dots 2^2}{n}} = \sqrt{\frac{n \times 2^2}{n}} = 2\ ms^{-1}$

৮. x অক্ষ বরাবর বলের উপাংশ = 5cos0° + 6cos90° + 2cos(90° + 120°) = 3.26N

১২. $E = \frac{p^2}{2m}$ বা, $\sqrt{E} = \frac{P}{\sqrt{2m}}$ বা, $\sqrt{E} \times \frac{1}{P} = \frac{1}{\sqrt{2m}}$
দুটি চলকের গুণফল সবসময় একটি ধ্রুবক সংখ্যা নির্দেশ করলে আয়তাকার অধিবৃত্তের সম্পর্ক প্রদর্শন করে। ফলে $\sqrt{E}$ বনাম $\frac{1}{P}$ এর হবে আয়তাকার অধিবৃত্তের ন্যায়।

১৩. $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 60}{60} = 2\pi$; $v_A = \omega r_A = 2\pi \times 2 = 4\pi$

১৪. $a = r\alpha$; α ধ্রুব হলে, $a \propto r$
যেহেতু $r_C > r_B > r_A$, সুতরাং $a_C > a_B > a_A$ হবে।

১৬. অনুভূমিকের সাথে উৎপন্ন কোণ, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4}{6}\right) = 33.67°$

২১. $K_{eq} = \left(\frac{1}{80} + \frac{1}{120 + 120}\right)^{-1} = 60$; $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K_{eq}}}$
বা, $T = 2\pi\sqrt{\frac{10}{60}} = 2.56\ sec$

১৪৮ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	(গ)	২	(গ)	৩	(গ)	৪	(ঘ)	৫	(ক)	৬	(গ)	৭	(ক)	৮	(গ)	৯	(ক)	১০	(ক)	১১	(গ)	১২	(গ)	১৩	
	১৪	(খ)	১৫	(গ)	১৬	(খ)	১৭	(ক)	১৮	(খ)	১৯	(ঘ)	২০	(ক)	২১	(ঘ)	২২	(ঘ)	২৩	(খ)	২৪	(ক)	২৫	(খ)		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\vec{\nabla}.\vec{r} = \left(\frac{\delta}{\delta x}\hat{i} + \frac{\delta}{\delta y}\hat{j} + \frac{\delta}{\delta z}\hat{k}\right).(x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k})$
$= \frac{\delta}{\delta x}(x) + \frac{\delta}{\delta y}(y) + \frac{\delta}{\delta z}(z) = 1 + 1 + 1 = 3$

৭. $F = Ma = mn.\frac{v - 0}{1} = mnv$

১১. $g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$ বা, $\frac{g}{4} = g\left(1 - \frac{d}{6.4 \times 10^3}\right)$ বা, $d = 4.8 \times 10^3\ km$

১২. $T^2 \propto d^3$; $\therefore \left(\frac{T'}{T}\right)^2 = \left(\frac{d'}{d}\right)^3$ বা, $T' = \sqrt{\left(\frac{d'}{d}\right)^3} \times T$
বা, $T' = \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)^3} \times 365 = 198.68\ days$

১৫. কার্যকর বেগ = r.m.s. বেগ $= \sqrt{\frac{v^2 + (2v)^2 + (3v)^2 + (4v)^2 +}{5}}$
$= \sqrt{11}\ v$

১৭. $P = \tau.\omega$ বা, $\tau = \frac{P}{\omega} = \frac{60}{20 \times 2\pi} = 0.477\ Nm$

১৯. $\omega = mgh = 4 \times 9.8 \times \left(\frac{3.6}{2} - \frac{1}{2}\right) = 50.96\ J$

২৩. $y = 10\sin\pi t$; $\therefore \omega^2 = \pi$ বা, $\frac{2\pi}{T} = \pi$ $\therefore T = 2\ sec$

২৪. $y = 10\sin\pi t$; $\therefore A = 10\ m$, $x = 2\ m$ দূরে,
$$\frac{E_k}{E_p} = \frac{\frac{1}{2}k(A^2 - x^2)}{\frac{1}{2}kx^2} = \frac{10^2 - 2^2}{2^2} = 24 \therefore E_k : E_p = 24 : 1$$

১৪৯ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	(খ)	২	(গ)	৩	(ক)	৪	(ঘ)	৫	(ঘ)	৬	(ক)	৭	(ক)	৮	*	৯	(গ)	১০	(ঘ)	১১	(খ)	১২	(ক)	১৩	
	১৪	(খ)	১৫	(গ)	১৬	(ক)	১৭	(ঘ)	১৮	(ঘ)	১৯	(খ)	২০	(ঘ)	২১	(গ)	২২	(গ)	২৩	(ক)	২৪	(গ)	২৫	(খ)		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. চাপ পীড়ন, $P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$ বা, $m = \frac{PA}{g} = \frac{2.45 \times 10^{8} \times 2 \times 10^{-6}}{9.8} = 50\ kg$

৪. $E \propto P^2$; $E_2 = 4E_1$ এখন, $\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^2 = 4$ বা, $P_2 = 2P_1 = (1+1)P_1$
অর্থাৎ ভরবেগ 100% বাড়বে।

৫. $P_1V_1 = P_2V_2$ বা, $P_1V_1 = (P_1 + h\rho g)V_2$ বা, $P_1(8V_2) = (P_1 + h\rho g)V_2$
বা, $7P_1V_2 = h\rho gV_2$ বা, $7H\rho lc\Gamma gV_2 = h\rho gV_2$ বা, $h = 7H$

৬. $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi a^2 n}$ বা, $n = \frac{1}{\sqrt{2}\pi a^2 . \lambda}$
বা, $n = \frac{1}{\sqrt{2}\pi \times (2 \times 10^{-10})^2 \times 2.4 \times 10^{-8}} = 2.345 \times 10^{26}$

৮. গ্যাসের গতিশক্তি/রৈখিক গতিশক্তি
$= \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2} \times \frac{40}{32} \times 8.314 \times 300 = 4676.6\ J$
স্বাধীনতার মাত্রা বিবেচনা করলে, দ্বিপরমাণুর গ্যাসের জন্য f = 5
∴ মোট গতিশক্তি $= \frac{f}{2}nRT = \frac{5}{2}nRT = \frac{5}{2} \times \frac{40}{32} \times 8.314 \times 300\ J$
$= 7794.375\ J$

৯. $ma = T - \mu_k R - mg\sin\theta = T - \mu_k mg\cos\theta - mg\sin\theta$
অতএব, $a = \frac{T - \mu_k mg\cos\theta - mg\sin\theta}{m}$
$= \frac{100 - 0.2 \times 10 \times 9.8\cos 30^\circ - 10 \times 9.8 \times \sin 30^\circ}{10} = 3.27\ ms^{-2}$

১২. $T = \frac{mv^2}{r} + mg$ বা, $\frac{mv^2}{r} = T - mg = 50 - 10 = 40$
বা, $v^2 = \frac{40 \times 0.9}{1} = 36$ বা, $v = 6\ ms^{-1}$

১৪. $s = r\theta$ বা, $r = \frac{600 \times 180}{135 \times \pi} = 254.7$ ∴ পরিধি $= 2\pi r = 1600\ m$

১৯. $\frac{g'}{g} = \left(\frac{R}{0.99R}\right)^2$ বা, $g' = 1.02\ g$ অর্থাৎ 2% বৃদ্ধি পাবে।

২১. $\vec{r} = 2t\hat{i} - 3t^2\hat{j}$; $\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v} = 2\hat{i} - 6t\hat{j}$
∴ এখন t = 2sec এ $\vec{r} = 4\hat{i} - 12\hat{j}$ এবং $\vec{v} = 2\hat{i} - 12\hat{j}$।
সুতরাং $\vec{p} = m\vec{v} = 4\hat{i} - 24\hat{j}$।
কৌণিক ভরবেগ $= \vec{r} \times \vec{p} = (4\hat{i} - 12\hat{j}) \times (4\hat{i} - 24\hat{j}) = -48\hat{k}$

১৫০ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ

উত্তর	১	ক	২	ক	৩	ঘ	৪	খ	৫	খ	৬	খ	৭	ক	৮	গ	৯	খ	১০	খ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	ঘ
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	খ	২০	খ	২১	ঘ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $s = \left(\frac{1}{3}t^3 + 3t\right)$ বা, $\frac{ds}{dt} = v = 3 . \frac{1}{3}t^2 + 3 = t^2 + 3$
আবার, $\frac{d^2s}{dt^2} = a = 2t$; সুতরাং 5 sec পর ত্বরণ
$a = 2 \times 5 = 10\ ms^{-2}$

৪. ধরি, অপরটির মান x একক। তাহলে $\sqrt{8^2 + x^2} = 10$
বা, $8^2 + x^2 = 100$ বা, $x^2 = 36$ ∴ $x = 6$

৭. $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$ বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1^2}{10 \times 9.8}\right) = 0.58^\circ$

৮. XZ তলের মান $\sqrt{1^2 + (-3)^2} = \sqrt{1+9} = \sqrt{10}$

৯. $\frac{g'}{g} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2$ বা, $\frac{0.5\ g}{g} = \left(\frac{6400}{6400+h}\right)^2$
বা, $0.5 = \left(\frac{6400}{6400+h}\right)^2$ বা, $h = 2650\ km$

১২. $F = \left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)v = 0.07 \times 1000\ N = 70\ N$

১৫. বস্তুটির ভর, $m = \frac{39.2}{9.8} = 4\ kg$
সুতরাং, $I = MK^2$ বা, $K = \sqrt{\frac{I}{M}} = \sqrt{\frac{256}{4}} = 8\ m$

১৮. গড় মুক্তপথ, $\lambda = \frac{1}{n\pi a^2} = \frac{1}{6 \times 10^{25} \times 3.14 \times (2.5 \times 10^{-10})^2}$
$= 8.48 \times 10^{-8}\ m \approx 8.5 \times 10^{-8}\ m$

১৯. গতিশক্তি/ রৈখিক গতিশক্তি $= \frac{3}{2}nRT_1 = \frac{3}{2} \times \frac{3}{28} \times 8.314 \times 300$
$= 400\ J$
আবার, স্বাধীনতার মাত্রা বিবেচনা করে মোট গতিশক্তি
$= \frac{f}{2}nRT = \frac{5}{2}nRT$ [∵ N_2 এর স্বাধীনতার মাত্রা, f = 5]
$= \frac{5}{2} \times \frac{3}{28} \times 8.314 \times 300 = 668$

২২. $\sigma = \frac{d/D}{l/L} = \frac{0.0025}{0.01} = 0.25$

২৩. সর্বোচ্চ বেগ, $v = \omega A$; বা, $v = \frac{2\pi}{T}A$ বা, $T = \frac{2\pi A}{v}$
$= \frac{2\pi \times 0.004}{0.02} = 1.25\ sec$

২৪. $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}}$ বা, $\frac{1.5\ T}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}}$ বা, $1.5^2 = \frac{L'}{L}$
বা, $2.25\ L = L'$ বা, $L' = L + 1.25\ L$; অর্থাৎ, দৈর্ঘ্য 1.25 গুণ বাড়াতে হবে।

২৫. $\frac{P'V'}{T'} = \frac{PV}{T}$ বা, $T' = \frac{T}{PV} \times P'V' = \frac{293 \times 2P \times 2V}{PV}$
বা, $T' = 1172\ K = 899^\circ C$

১৫১ ঢাকা কলেজ

উত্তর	১	ক	২	খ	৩	গ	৪	ক	৫	ক	৬	ক	৭	ক	৮	ক	৯	গ	১০	গ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	খ	১৯	গ	২০	ঘ	২১	ঘ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $(\hat{i} \times \hat{k}).\hat{i} = \hat{i}.\hat{i} = 1 \times 1 \times \cos 0^\circ = 1$

২. $x = A\sin\left\{\omega\left(t + \frac{2\pi}{\omega}\right) + \delta\right\} = A\sin(\omega t + 2\pi + \delta)$
$= A\sin(\omega t + \delta)$

৩. $E_t = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}m(\omega r)^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$
$= \frac{1}{2} \times 50 \times (10 \times 0.2)^2 + \frac{1}{2} \times 1 \times (10)^2 = 150\ J$

৫. $W = F.v = mg.v = 250 \times 9.8 \times 0.1 = 245\ W$

১০. $E_K = \frac{p^2}{2m}$; p ধ্রুব হলে, $E_K \propto \frac{1}{m}$; অর্থাৎ হালকা বস্তুর গতিশক্তি বেশি হবে।

১৬. $f \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$; ∴ $\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$
বা, $\frac{m_2}{m_1} = \frac{f_1^2}{f_2^2}$ বা, $m_2 = \frac{f_1^2}{f_2^2} \times m_1 = \frac{(125)^2}{(243)^2} \times 1 \approx 0.265\ kg$

১৯. $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}}$ বা, $T_2 = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} \times 2 = \sqrt{\frac{g}{g - \frac{g}{3}}} \times 2 = 2.45\ sec$

২০. $E_k = \frac{f}{2}kT = \frac{12}{2}kT = 6\ kT$

২৩. দুটি ভেক্টরের স্কেলার গুণ 1 হলে ভেক্টর দুটি হবে পরস্পরের বিপ্রতীপ ভেক্টর।
$\vec{a} = \frac{\vec{b} \times \vec{c}}{\vec{b}.(\vec{c} \times \vec{a})}$ এর জন্য,
$\vec{a}.\vec{a} = \vec{a}.\left[\frac{\vec{b} \times \vec{c}}{\vec{b}.(\vec{c} \times \vec{a})}\right] = \vec{a}.\left[\frac{\vec{b} \times \vec{c}}{\vec{a}.(\vec{b} \times \vec{c})}\right] = \frac{\vec{a}.(\vec{b} \times \vec{c})}{\vec{a}.(\vec{b} \times \vec{c})} = 1$

২৪. $\left|\vec{b}\times\vec{c}\right|^2+\left|\vec{b}.\vec{c}\right|^2=16$
বা, $b^2c^2\sin^2\theta+b^2c^2\cos^2\theta=16$
বা, $b^2c^2(\sin^2\theta+\cos^2\theta)=16$
বা, $b^2c^2=16$ বা, $4^2\times c^2=16$
$\therefore c=1$

১৫২ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	ⓖ গ	২	ক	৩	খ	৪	ক	৫	খ	৬	গ	৭	ক	৮	গ	৯	খ	১০	ঘ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	খ
	১৪	ঘ	১৫	ঘ	১৬	গ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	ক	২০	খ	২১	ঘ	২২	গ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $L=I\omega=I\times\frac{2\pi N}{t}=2\times\frac{2\pi\times30}{60}=2\pi\ kgm^2s^{-1}$

৪. $f_s=\mu R$ বা, $\mu_s=\frac{F_s}{R}=\frac{200}{800}=0.250$

১৬. $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{60\times60}=1.74\times10^{-3}\ rads^{-1}$

১৭. $v=\omega r$ বা, $v\propto r$। এখানে, $r_C>r_B>r_A$ সুতরাং $v_C>v_B>v_A$

১৯. উলম্ব বরাবর টানের উপাংশ = $T\sin\theta$। সাম্যবস্থায় $W=T\sin\theta+T\sin\theta$ বা, $W=2T\sin\theta$

২১. $W=\frac{1}{2}YA\frac{l^2}{L}=\frac{1}{2}\times2\times10^{-11}\times1\times10^{-2}\times10^{-4}\times\frac{(0.4\times10^{-2})^2}{100\times10^{-2}}=1.6\ J$

২২. (i) বিকৃতি $=\frac{0.4}{100}=4\times10^{-3}$। বিকৃতির একক নেই।
(ii) $F=\frac{YAl}{L}=\frac{2\times10^{11}\times10^{-6}\times0.4\times10^{-2}}{100\times10^{-2}}=800\ N$
(iii) হুকের সূত্রানুযায়ী পীড়ন ∝ বিকৃতি।

২৩. $v=\omega r=\frac{2\pi\times N}{t}\times r=\frac{2\pi\times20}{1}\times4=160\pi\ ms^{-1}$

১৫৩ ঢাকা সিটি কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	খ	৩	গ	৪	ঘ	৫	খ	৬	ঘ	৭	খ	৮	ঘ	৯	খ	১০	ক	১১	ক	১২	ঘ	১৩	খ
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	ক	২০	গ	২১	ক	২২	গ	২৩	ঘ	২৪	*	২৫	ক		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $C_{r.m.s}=\sqrt{\frac{(12)^2+(15)^2+(16)^2}{3}}\approx14.43\ ms^{-1}$

২. $E_K=\frac{f}{2}nRT=\frac{6}{2}\times\frac{1}{2}\times RT=\frac{3}{2}RT$

৫. $\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{d_1^3}{d_2^3}$ বা, $\frac{T_2}{T_1}=\sqrt{\frac{d_2^3}{d_1^3}}$ বা, $\frac{T_2}{T_1}=\sqrt{\frac{(1.1\ d_1)^3}{d_1^3}}$
বা, $T_2=1.1536\ T_1$ $\therefore$ পর্যায়কাল 15.36% বৃদ্ধি পাবে।

১০. 8N ও 4N মানের দুটি বলের লব্ধির সর্বনিম্ন মান = (8 – 4) N = 4N এবং সর্বোচ্চ মান = (8 + 4)N = 12N। তাই লব্ধি বলের মান 2N হতে পারে না।

১২. $\vec{\Delta}.\vec{F}=0$
বা, $\left(\frac{\delta}{\delta x}\hat{i}+\frac{\delta}{\delta y}\hat{j}+\frac{\delta}{\delta z}\hat{k}\right).\{(2x+y)\hat{i}+(3y+z^2)\hat{j}+(mz+x)\hat{k}\}=0$
বা, $2+3+m=0$ বা, $m=-5$

১৫. $v=3.14\cos\pi t$ $\therefore x=\int vdt=\int3.14\cos\pi t\,dt=-\frac{3.14}{\pi}\sin\pi t$
$\therefore A=1m$

১৬. $\omega=\pi$ $\therefore T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{\pi}=2\ sec$
অর্থাৎ $\frac{T}{2}$ বা, 1 sec পরপর বেগের মান শূন্য হবে।

১৮. $R=mg\cos(30°)=20\times10\times\cos(30°)=173.21\ N$

১৯. $mg\sin(30°)=20\times10\times\sin(30°)=100\ N$ $\therefore F>100\ N.$

*২৪. সংঘর্ষে সবসময় ভরবেগ ও কৌণিক ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে। তবে সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হলে গতিশক্তিও সংরক্ষিত থাকে। এখানে, সঠিক উত্তর (খ) ও (ঘ) উভয়ই।

১৫৪ শহিদ বীর-উত্তম লে. আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	খ	২	ঘ	৩	ঘ	৪	ঘ	৫	গ	৬	খ	৭	খ	৮	ঘ	৯	ক	১০	ঘ	১১	ক	১২	ঘ	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	ক	১৬	খ	১৭	খ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	খ	২২	গ	২৩	খ	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. কৌণিক বেগ, $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{86400}=7.26\times10^{-5}\ rads^{-1}$

২. গতিশক্তি কমতে কমতে সর্বোচ্চ উচ্চতায় শূন্য হয়। এরপর আবার বাড়তে বাড়তে ভূমিতে পড়ার আগে সর্বোচ্চ হয়। তাই ঘ নং এর গ্রাফটি E_k বনাম h এর জন্য সঠিক হবে।

৩. ভরকেন্দ্রের সরণ, $\Delta h=\left(\frac{l}{2}-\frac{t}{2}\right)=\left(\frac{1}{2}-\frac{0.01}{2}\right)=0.495\ m$
সুতরাং $U=mg\Delta h=0.2\times9.8\times0.495=0.97\ J$

৭. $\frac{d_m^3}{d_e^3}=\frac{T_m^2}{T_e^2}$ বা, $d_m=d_e\times\left(\frac{T_m}{T_e}\right)^{\frac{2}{3}}=1.5\times10^{11}\times\left(\frac{88}{365}\right)^{\frac{2}{3}}$
$=5.81\times10^{10}\ m$

১০. পয়সনের অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা যা উপাদানের উপর নির্ভরশীল তাই পার্শ্ব বিকৃতি স্থির থাকলে দৈর্ঘ্য বিকৃতিও স্থির থাকবে।

২৩. বলের ঘাত $=\int_1^2Fdt=\int_1^2(t^2+t+2)dt=\left[\frac{t^3}{3}+\frac{t^2}{2}+2t\right]_1^2=5.83\ Ns$

১৫৫ বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	খ	৪	গ	৫	ক	৬	গ	৭	খ	৮	ক	৯	ঘ	১০	*	১১	গ	১২	ঘ	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	ঘ	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	ক	১৯	খ	২০	গ	২১	ক	২২	গ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\frac{A}{2}=A\sin(\omega t_1)$ বা, $\frac{1}{2}=\sin(\omega t_1)$ বা, $\omega t_1=\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)=\frac{\pi}{6}$
$A=A\sin(\omega t_2)$ বা, $1=\sin(\omega t_2)$ বা, $\omega t_2=\sin^{-1}(1)=\frac{\pi}{6}$
$\therefore \omega t_2-\omega t_1=\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{6}=\frac{2\pi}{6}$ $\therefore t_2-t_1=\frac{2\pi}{6\omega}=\frac{2\pi}{6\frac{2\pi}{T}}=\frac{T}{6}$

৫. $PV=nRT$ বা, $PV=\frac{w}{M}RT$ বা, $PM=\frac{w}{V}RT$
বা, $PM=\rho RT$ বা, $\frac{\rho T}{P}=\frac{M}{R}=$ ধ্রুবক।

৮. $r^2\propto T^3$; অর্থাৎ r হ্রাস পেলে T ও হ্রাস পাবে।

*১০. $\tau=I\alpha=\frac{Mr^2}{2}\alpha=\frac{3\times1^2}{2}\times5=7.5\ Nm$

১১. $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} = (3\hat{i} - 2\hat{j} + 5\hat{k}) + (2\hat{i} + 3\hat{j} + 5\hat{k}) = (5\hat{i} + \hat{j} + 10\hat{k})$
$\therefore |\vec{F}| = \sqrt{5^2 + 1^2 + 10^2} = 11.22$ N

১৯. $y = 0.3 \sin(40\pi t + 1.1)$ সমীকরণ থেকে $\omega = 40\pi$
বা, $2\pi f = 40\pi \therefore f = 20$ Hz

২২. $W = {}^nC_2 \times mgh = {}^{10}C_2 \times 2.5 \times 9.8 \times \frac{7.5}{100} = 82.69$ J.

১৫৬ বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	গ	৪	ক	৫	ঘ	৬	খ	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	ক	১০	খ	১১	গ	১২	ক	১৩	ঘ
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	খ	১৭	ঘ	১৮	ক	১৯	ক	২০	গ	২১	গ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১১. $mgx = 2 \times \frac{1}{2}mv^2$ বা, $gx = u^2 + 2g(h - x)$ বা, $gx = 2g \times (h - x)$
বা, $x = \frac{2h}{3}$ বা, $x = \frac{2 \times 15}{3} = 10$ m

১২. $mg(h + x) = Fx$
বা, $F = \frac{mg(h + x)}{x} = \frac{0.2 \times 9.8 \times (15 + 0.1)}{0.1} = 295.96$ N

১৮. $m_1 g\sin\theta = m_2 g$ বা, $\sin\theta = \frac{m_2}{m_1}$ বা, $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{3}{6}\right) = 30°$

২৩. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times (273 + 25)}{28 \times 10^{-3}}} = 515.22\ ms^{-1}$

২৪. $n_{N_2} = \frac{14}{28} = 0.5$ mole, $n_{O_2} = \frac{32}{32} = 1$ mole
$\frac{E_{N_2}}{E_{O_2}} = \frac{3/2 n_{N_2} \times RT}{3/2 n_{O_2} \times RT} = \frac{0.5}{1} = 1 : 2$

২৫. $(\hat{i} \times \hat{k}) \times (\hat{j} \times \hat{k}) = (-\hat{j}) \times (\hat{i}) = -(\hat{j} \times \hat{i}) = \hat{i} \times \hat{j} = \hat{k}$

১৫৭ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	ক	৪	খ	৫	ক	৬	গ	৭	খ	৮	খ	৯	ঘ	১০	গ	১১	ক	১২	গ	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	খ	১৯	খ	২০	খ	২১	ক	২২	গ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৫. $\tau = I\alpha = Mk^2 \times \alpha = 6 \times (0.3)^2 \times 3 = 1.62$ Nm

৮. $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $T^2 = 4\pi^2\frac{L}{g}$ বা, $T^2 \propto \frac{1}{g}$ সুতরাং T^2 বনাম g গ্রাফ আয়তাকার অধিবৃত্ত হবে।

১০. $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $L = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9.8 \times 2^2}{4\pi^2} = 0.993$ m

১৯. $R = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{(4P)^2 + (3P)^2} = \sqrt{25P^2} = 5P$

২০. $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_m}{v_r}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{3}{3}\right) = \tan^{-1}1 = 45°$

২৫. $W = Fh = 100 \times 5 = 500$ J

১৫৮ আইডিয়াল কলেজ, ধানমন্ডি, ঢাকা

উত্তর	১	ক	২	ঘ	৩	খ	৪	ক	৫	ঘ	৬	গ	৭	গ	৮	ক	৯	গ	১০	গ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	*	২২	ক	২৩	গ	২৪	ক	২৫	ক		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৫. একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি $= \frac{1}{2} \times$ পীড়ন $\times$ বিকৃতি $= \frac{1}{2} \times OB \times AB =$ ΔOAB এর ক্ষেত্রফল।

৭. পৃথিবীর কেন্দ্রে $g = 0\ ms^{-2}$। তাই $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{0}} = \infty$

১১. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$ বা, $T_2 = \frac{V_2}{V_1} \times T_1 = \left(\frac{2}{1}\right) \times (273 + 40) = 626$ K

১৭. সমান্তরাল ভেক্টরদ্বয়ের স্ব স্ব উপাংশের মানের অনুপাত সমান হয়।
অর্থাৎ, $\frac{2}{10} = \frac{m}{-5} = \frac{-3}{-15}$ বা, $m = -1$

*২১. $P = \frac{mgh}{t} = \frac{\rho vgh}{t} = \frac{\frac{1}{4}\rho D^2 \times l \times \rho \times g \times \frac{l}{2}}{t} = \frac{\rho D^2 \times l^2 \times \rho g}{8t}$
$= \frac{\pi \times 1.5^2 \times 10^2 \times 1000 \times 9.8}{8 \times 20 \times 60} = 721.5\ W = 0.967$ HP

২২. $t = \frac{mgh}{P + P'} = \frac{\pi D^2 \times l \times \rho g}{8 \times (721.5 + 0.4 \times 746)}$
$= \frac{\pi \times 1.5^2 \times 10^2 \times 1000 \times 9.8}{8 \times (721.5 + 0.4 \times 746)} = 849s = 14.18$ min
সময় সাশ্রয় হবে $= 20 - 14.18 = 5.82$ min

২৫. $E_k = \frac{p^2}{2m}$; P ধ্রুবক হলে, $E_k \propto \frac{1}{m}$
$\therefore \frac{E_{k_1}}{E_{k_2}} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{25}{15} = \frac{5}{3} \therefore E_{k_1} : E_{k_2} = 5 : 3$

১৫৯ মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা

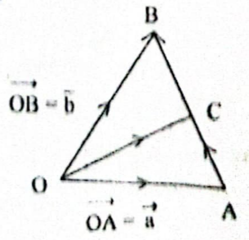
উত্তর	১	খ	২	গ	৩	ঘ	৪	খ	৫	ক	৬	গ	৭	গ	৮	গ	৯	গ	১০	ক	১১	গ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	ক	২১	গ	২২	ক	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\vec{A}.\vec{B} = 0$ বা, $(2\hat{i} + m\hat{j} + \hat{k}).(4\hat{i} - 2\hat{j} - 2\hat{k}) = 0$
বা, $8 - 2m - 2 = 0$ বা, $m = 3$

২. $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.673 \times 10^{-11} \times 1.9 \times 10^{27}}{7 \times 10^7}}$
$= 6017\ ms^{-1} = 60.17\ kms^{-1}$

৩. $\vec{AB} = \bar{b} - \bar{a}$
$\vec{AC} = \frac{\vec{AB}}{2} = \frac{\bar{b} - \bar{a}}{2}$
এবং $\vec{OA} + \vec{AC} = \vec{OC}$



বা, $\vec{OC} = \bar{a} + \frac{\bar{b} - \bar{a}}{2} = \frac{\bar{a} + \bar{b}}{2}$

১৩. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M \times 10^{-3}}}$ বা, $M = \frac{3RT}{C_{rms}^2 \times 10^{-3}} = \frac{3 \times 8.31 \times 300}{(1930)^2 \times 1 \times 10^{-3}}$
$= 2gmol^{-1}$ যা H_2 গ্যাস নির্দেশ করে।

২০. $I = I_0 + MR^2 = \frac{2}{5}MR^2 + MR^2 = \frac{7}{5}MR^2$

২৪. পীড়ন $= \frac{mg}{A}$ বা, $m = \frac{3.267 \times 10^8 \times 0.0003}{9.8} = 100$ kg

১৬০ ঢাকা কমার্স কলেজ

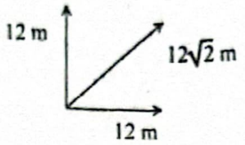
উত্তর	১	গ	২	ক	৩	ক	৪	গ	৫	খ	৬	গ	৭	ক	৮	ক	৯	খ	১০	গ	১১	গ	১২	[illegible]	১৩	[illegible]
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	গ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	গ	২০	খ	২১	খ	২২	গ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	[illegible]		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\theta_s = \cos^{-1}\left(\frac{0}{\sqrt{4^2+6^2}}\right) = \cos^{-1}(0) = 90°$

৫. $h = \frac{gR^2}{v^2} - R = \frac{9.81 \times (6.4 \times 10^6)^2}{(3100)^2} - 6.4 \times 10^6$
$= 3.6 \times 10^4$ km

৯. ছোট খণ্ড দুটির ভরবেগের লব্ধি $12\sqrt{2}$m. বড় খণ্ডটির ভরবেগ এই লব্ধির বিপরীত হলে ভরবেগের সংরক্ষিত হবে। সুতরাং $3m \times v = 12\sqrt{2}$ m বা, $v = 5.65$ ms^{-1}.



১০. $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ বা, $\tau = rF\sin\theta\hat{n}$; এটি θ কমায় τ [illegible] করে;

১২. $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = mgh = mg \times AB = 1 \times 9.8 \times 10 = 98$ J

১৪. $\frac{1}{2}mv^2 = 8 \times 10^{-4}$ বা, $v^2 = \frac{2 \times 8 \times 10^{-4}}{10 \times 10^{-3}} = 0.16$ বা, $v = 0.4$ ms^{-1}
$v^2 = u^2 + 2as$ বা, $v^2 = 2as$
বা, $a = \frac{v^2}{2s} = \frac{(0.4)^2}{2 \times 2 \times 2\pi \times \frac{6.75}{100}} \approx 0.1$ ms^{-2}

১৬১ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	ক	৪	খ	৫	ক	৬	ঘ	৭	ঘ	৮	গ	৯	খ	১০	খ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	[illegible]
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	ক	১৯	ক	২০	ক	২১	ক	২২	ঘ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. এখানে, 2A = 6 cm, ∴ A = 3 cm এবং $v_{max} = 9$ cms^{-1} আবার, $v_{max} = \omega A$.
বা, $\omega = \frac{9}{3}$ বা, $\frac{2\pi}{T} = 3$ বা, $T = \frac{2\pi}{3}$
∴ T = 2.093 s.

৭. $mg(h + x) = Fx$ বা, $0.2 \times 9.8\,(15 + 0.1) = F \times 0.1$
বা, $F = \frac{0.2 \times 9.8 \times 15.1}{0.1}$ N = 295.96 N

১০. $y = 10\sin\left(12t - \frac{\pi}{6}\right)$ কে $y = A\sin(\omega t + \delta)$ এর সাথে তুলনা করে পাই, ω = 12, A = 10
∴ $V_{max} = \omega A = 12 \times 10 = 120$ ms^{-1}

১৬. $C_{r.m.s} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 101325}{0.09}} \approx 1837$ ms^{-1}

১৮. সর্বোচ্চ বিন্দুতে না পড়ার শর্ত, $\frac{mv^2}{r} = mg$
বা, $v^2 = rg$ বা, $v = \sqrt{gr}$

১৯. $I = mr^2 = 0.05 \times 2^2 = 0.2$ kgm^2

২৩. $P_{net} = \frac{mgh}{t} = \frac{\rho Vgh}{t} = \frac{1000 \times 30 \times 9.8 \times 40}{15 \times 60}$
= 13066.67 W
∴ $P_{pump} = \frac{P_{net}}{n} = \frac{13066.67}{0.3} = 43555.56$ W ≈ 43.6 kW

১৬২ বেগম বদরুন্নেসা সরকারি মহিলা কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	ক	৩	গ	৪	ক	৫	গ	৬	ক	৭	গ	৮	ক	৯	ঘ	১০	গ	১১	খ	১২	গ	১৩	[illegible]
	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	খ	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0.9 + \left(\frac{0.2}{2}\right)}{9.8}} = 2$s

৪. (i) অর্ধেক পানিপূর্ণ করলে ভরকেন্দ্র নিচের দিকে নামবে। তাই কার্যকরী দৈর্ঘ্য L বেড়ে যাবে।
(ii) কার্যকরী দৈর্ঘ্য বাড়লে দোলনকাল বাড়বে। তাই দোলন সংখ্যা কমবে।
(iii) কার্যকরী দৈর্ঘ্য হবে, $L = 0.9 + \frac{3}{4} \times 0.2 = 1.05$ m
∴ দোলনকাল, $T = 2\pi\sqrt{\frac{1.05}{9.8}} = 2.057$ s

৭. $K_1 = \frac{P_1^2}{2m}, K_2 = \frac{P_2^2}{2m} = \frac{(2P_1^2)}{2m} = \frac{4P_1^2}{2m} = 4K_1$
বা, $\frac{K_2}{K_1} = 4$ বা, $\frac{K_2 - K_1}{K_1} \times 100 = \frac{4 - 1}{1} \times 100 = 300\%$

৮. $\frac{W_m}{W_e} = \frac{g_m}{g_e} = \frac{M_m}{M_e} \times \left(\frac{R_e}{R_m}\right)^2 = \frac{1}{9} \times (2)^2$ ∴ $W_m = 90 \times \frac{4}{9} = 40$ kg-wt

১৩. $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $L = \frac{g}{4\pi^2} \times T^2$ ঢাল, $S = \frac{g}{4\pi^2}$ বা, $g = 4\pi^2 S$

১৫. $\bar{R} = |\bar{A} - \bar{B}| = |\bar{A} + (-\bar{B})| = 2|\bar{A}|\cos\frac{\alpha}{2} = 2 \times 5 \times \cos\frac{(180 - 60)}{2}$

২২. কেন্দ্রমুখী বল ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের দিকে কাজ করে। কিন্তু বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের সময় ব্যাসার্ধ বরাবর কোনো সরণ হয় না। তাই কৃতকাজ শূন্য হবে

১৬৩ জাতির জনক বঙ্গবন্ধু শেখ মুজিবুর রহমান সরকারি মহাবিদ্যালয়, ঢাকা

উত্তর	১	খ	২	খ	৩	গ	৪	গ	৫	ক	৬	ক	৭	খ	৮	খ	৯	খ	১০	গ	১১	[illegible]	১২	[illegible]	১৩	[illegible]
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	গ	১৯	গ	২০	ক	২১	খ	২২	ঘ	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	[illegible]		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৯. $\frac{E_{k_1}}{E_{k_2}} = \frac{\frac{P_1^2}{2m_1}}{\frac{P_2^2}{2m_2}}$ বা, $\frac{1}{2} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{P_1^2}{P_2^2}$ বা, $\frac{1}{2} = \frac{3m}{m} \times \frac{P_1^2}{P_2^2}$
বা, $\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{1}{6}$ বা, $\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{\sqrt{6}}$ বা, $P_1 : P_2 = 1 : \sqrt{6}$

১৬. অসহ পীড়ন $= \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{40 \times 9.8}{1 \times 10^{-4}} = 3.92 \times 10^6$ Nm^{-2}

১৭. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5$ Hz

১৯. $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L + r}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{9.8}{0.98 + 0.2}} = 0.5$ Hz

২০. $T_2 = T_1 \times \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = 2 \times \sqrt{\frac{0.5L_1}{L_1}} = 1.41$ sec

২১. $v = u - gt = 30 - 9.8 \times 2 = 10.4$ ms^{-1}
সুতরাং $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times (10.4)^2 = 162.24$ J

২৪. $PV = nRT$ বা, $V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \times 8.314 \times 310}{101.325 \times 10^3} = 0.025$ m^3

১৬৪ সাভার ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	ক	২	ঘ	৩	খ	৪	ক	৫	গ	৬	খ	৭	ঘ	৮	ক	৯	খ	১০	ঘ	১১	ক	১২	খ	১৩	ঘ
	১৪	গ	১৫	ঘ	১৬	ক	১৭	ক	১৮	ক	১৯	খ	২০	খ	২১	গ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\vec{\nabla}.\vec{r} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right).(x\hat{i} - 9\hat{j} + 2\hat{k})$

$= \frac{\partial}{\partial x}x + \frac{\partial}{\partial y}(-9) + \frac{\partial}{\partial y}(2) = 1 + 0 + 0 = 1$

১২. $\eta = \frac{mgh/t}{P}$ বা, $m = \frac{\eta tP}{gh} = \frac{0.85 \times 60 \times 2.5 \times 10^3}{9.8 \times 6.3} = 2065$ kg

১৪. $P = FV = mgv = 1000 \times 9.8 \times 10 \times 10^{-2} = 980$ W

১৬. $E = E_1 - E_2 = -\frac{Gm_1}{(BD)^2} + \frac{Gm_2}{(CD)^2} = -G + 2G = G$

১৭. $V_A = -\frac{GM_1}{AB} - \frac{GM_2}{AC} = -\frac{G \times 1}{1} - \frac{G \times 2}{1} = -3G$

$V_D = -\frac{GM_1}{D} - \frac{GM_2}{CD} = -\frac{G \times 1}{1} - \frac{G \times 2}{1} = -3G$

$\therefore V_A : V_D = -3G : -3G = 1 : 1$

২৫. $2 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $1 = \pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $\frac{L}{g}\pi^2 = 1$ বা, $g = L\pi^2 \therefore g = (l + r)\pi^2$.

১৬৫ গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ

উত্তর	১	গ	২	ক	৩	খ	৪	ক	৫	গ	৬	গ	৭	ক	৮	খ	৯	ক	১০	গ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	ঘ
	১৪	ক	১৫	ক	১৬	ক	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	খ	২১	গ	২২	ঘ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $|\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A} - \vec{B}|$ বা, $A^2 + B^2 + 2AB\cos\alpha$
$= A^2 + B^2 + 2AB\cos(180 - \alpha)$
বা, $2AB\cos\alpha = -2AB\cos\alpha$ বা, $\cos\alpha = -\cos\alpha$
বা, $2\cos\alpha = 0$ বা, $\cos\alpha = 0$ বা, $\alpha = 90° = \pi/2$

৬. $\omega = 1\text{rev}/1\text{min} = 1\text{rev}/60\text{s} = \frac{1}{60}\text{rev/s} = 0.017$ rev/s

১১. $|\vec{F}| = \sqrt{2^2 + 3^2 + (-1)^2} = \sqrt{14}$, $|\vec{r}| = \sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2} = \sqrt{3}$

$\therefore \theta = \cos^{-1}\frac{\vec{F}.\vec{r}}{|\vec{F}||\vec{r}|} = \cos^{-1}\frac{(2\hat{i} + 3\hat{j} - \hat{k}).(\hat{i} + \hat{j} + \hat{k})}{\sqrt{2^2 + 3^2 + (-1)^2}.\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2}}$

$= \cos^{-1}\frac{4}{\sqrt{14}\sqrt{3}} = 51.88°$

১৫. $E_k = \frac{p^2}{2m}$ বা, $p^2 = 2mE_k$ যা, $X^2 = 4aY$ পরাবৃত্তের সমীকরণ নির্দেশ করে।

২০. $\omega = \frac{2\pi}{T}$ বা, $T = \frac{2\pi}{2\pi} = 1$ sec

২১. $\frac{E_k}{E_p} = \frac{\frac{1}{2}K(A^2 - x^2)}{\frac{1}{2}Kx^2} = \frac{A^2 - x^2}{x^2} = \frac{(\sqrt{3})^2 - 1^2}{1^2} = \frac{2}{1} \therefore E_k : E_p = 2 : 1.$

১৬৬ রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, গাজীপুর

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	খ	৪	খ	৫	ক	৬	ক	৭	ক	৮	গ	৯	খ	১০	খ	১১	খ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	খ	১৭	খ	১৮	খ	১৯	গ	২০	খ	২১	ঘ	২২	ক	২৩	খ	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৭. $P = Fv = 2500 \times 0.1 = 250$ W

১১. $v = \sqrt{\frac{GM}{R + h}} = \sqrt{\frac{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 + 3.6 \times 10^7}} = 3.08\ \text{kms}^{-1}$

১৩. $\cos\theta = \frac{\vec{A}.\vec{B}}{|\vec{A}||\vec{B}|} = \frac{12 - 6 - 2}{\sqrt{4 + 4 + 1}.\sqrt{36 + 9 + 4}} = \frac{4}{21} \therefore \theta = 79.01°$

১৪. $\cos\theta = \frac{\vec{A}.\hat{i}}{|\vec{A}|} = \frac{2}{\sqrt{4 + 4 + 1}} = \frac{2}{3}$ বা, $\theta = 48.2°$

১৮. $I = MK^2 = 6 \times 0.3^2 = 0.54\ \text{kgm}^2$

১৯. $\tau = I\alpha = 0.54 \times 3 = 1.62$ Nm

২৫. $2\frac{d^2x}{dt^2} + 32x = 0$ বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + 16x = 0$

$\frac{dx^2}{dt^2} + \omega^2x = 0$ সমীকরণের সাথে তুলনা করে $\omega^2 = 16$ বা, $\omega = 4\ \text{rads}^{-1}$

১৬৭ ঘাটাইল ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, টাঙ্গাইল

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	খ	৪	ঘ	৫	*	৬	গ	৭	খ	৮	ক	৯	ক	১০	গ	১১	ক	১২	ঘ	১৩	ঘ
	১৪	ক	১৫	খ	১৬	*	১৭	*	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	খ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. ভূ-স্থির উপগ্রহে কোনো অভিকর্ষজ ত্বরণ থাকে না। তাই সেখানে ওজন শূন্য।

*৫. মোট গতিশক্তি, $E = \frac{5}{2}nRT = \frac{5}{2} \times \frac{4}{32} \times 8.314 \times 300\ J = 779.4375$ J

গতিশক্তি/রৈখিক গতিশক্তি $= \frac{3}{2}nRT = 467.66$ J

সুতরাং সঠিক উত্তর নেই।

১৫. $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ বা, $\frac{f_2}{f_1} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ বা, $\frac{60/t}{40/60} = \sqrt{\frac{40}{160}}$

বা, $\frac{60}{t} = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{1}{4}}$ বা, $t = 180$ sec $= 3$ min

*১৬. প্রশ্নটি অসম্পূর্ণ।
*১৭. প্রশ্নটি অসম্পূর্ণ।

২২. চাপ, $P = \frac{2}{3}\frac{E}{V}$, এখানে E = গতিশক্তি, V = আয়তন।

২৫. $v^2 = 0^2 + 2ax$ বা, $a = \frac{v^2}{2x}$, এখন তিনগুণ হলে $(3v)^2 = 0^2 + 2ap$ বা, 9v

$= 2 \times \frac{v^2}{2x}p$ বা, $p = 9x$; x হলো একটি তক্তার পুরুত্ব। অর্থাৎ ৯টি তক্তা।

১৬৮ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী

উত্তর	১	ঘ	২	ঘ	৩	খ	৪	গ	৫	গ	৬	ক	৭	ঘ	৮	খ	৯	গ	১০	খ	১১	ঘ	১২	খ	১৩	ক
	১৪	গ	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	ঘ	২০	খ	২১	গ	২২	খ	২৩	ক	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $d^2 \propto T^3$; উপগ্রহদ্বয় একই কক্ষপথ অর্থাৎ সমান দূরত্বে থাকায় আবর্তনকাল একই হবে। আবর্তনকাল ভরের সাথে সম্পর্কিত নয়।

৯. $I_{XY} = \frac{Mh^2}{2}, I_{AB} = \frac{Mh^2}{2} + Mh^2 = \frac{3Mh^2}{2} \therefore \frac{I_{AB}}{I_{XY}} = \frac{\frac{3Mh^2}{2}}{\frac{Mh^2}{2}} = \frac{3}{1}$

১০. $g_d = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$ বা, $\frac{g}{3} = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$ বা, $\frac{1}{3} = 1 - \frac{d}{R}$ বা, $\frac{d}{R} = \frac{2}{3}$
$\therefore d = \frac{2}{3}R$

১২. P বিন্দুতে $\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$ বা, $x^2 = A^2 - x^2$
বা, $2x^2 = A^2$ বা, $x^2 = \frac{A^2}{2}$ বা, $x = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1\ m$

১৫. পীড়ন $= \frac{F}{A} = \frac{mg}{\pi r^2} = \frac{10 \times 9.8}{\pi \times (10^{-3})^2} = 3.12 \times 10^7\ Nm^{-2}$

১৬. (i) দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{10^{-3}}{2} = 0.5 \times 10^{-3}$
(ii) $Y = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \frac{3.12 \times 10^7}{0.5 \times 10^{-3}} = 6.24 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$
(iii) $W = \frac{YAl^2}{2L} = \frac{6.24 \times 10^{10} \times \pi \times (10^{-3})^2 \times (10^{-3})^2}{2 \times 2} = 0.049\ J$

২২. $(\hat{j} + \hat{k}) \times \hat{k} = (\hat{j} \times \hat{k}) + (\hat{k} \times \hat{k}) = \hat{i} + 0 = \hat{i}$

১৬৯ শহীদ সৈয়দ নজরুল ইসলাম কলেজ, ময়মনসিংহ

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	ক	৪	খ	৫	খ	৬	ক	৭	খ	৮	খ	৯	গ	১০	ক	১১	ঘ	১২	গ	১৩	ঙ
	১৪	ঘ	১৫	*	১৬	গ	১৭	খ	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	ক	২১	ঘ	২২	ক	২৩	গ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. অণুর মোট শক্তি $= \frac{f}{2}kT = \frac{12}{2} \times k \times T = 6\ kT$

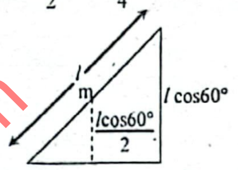
৪. লঘিষ্ঠ গনন, $Lc = \frac{1\ mm}{100} = 0.00001\ m$

১০. $4\frac{d^2x}{dt^2} + 100x = 0$ বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + 25x = 0 \therefore \omega^2 = 25$ বা, $\omega = 5\ rads^{-1}$

১৪. বেগ, $v = \omega r$। এখানে কৌণিক বেগ একই হলে $v \propto r$ অর্থাৎ $V_B > V_A > V_C$

*১৫. (i) $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$ (ii) $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ (iii) $v = r\omega$
সুতরাং, সঠিক উত্তর শুধু (i)

১৭. $Ep = mgh = mg \times \frac{l\cos60^\circ}{2} = \frac{mgl}{4}$



২২. আয়তন গুণাঙ্ক ও সংনম্যতা পরস্পর বিপরীত রাশি। অর্থাৎ $C = \frac{1}{K}$

১৭০ নেত্রকোনা সরকারি কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	খ	৩	গ	৪	গ	৫	খ	৬	ঘ	৭	ক	৮	খ	৯	ক	১০	গ	১১	গ	১২	গ	১৩	ঘ
	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	গ	১৯	ক	২০	খ	২১	ক	২২	গ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}|2\hat{i} \times 2\hat{j}| = \frac{1}{2} \times \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \end{vmatrix} = \frac{1}{2}|4\hat{k}| = 2$ বর্গ একক

৫. $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v^2}{rg}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{9.8^2}{50 \times 9.8}\right) = 11.08^\circ \approx 11^\circ$

১২. বা, $M_1 = M_2$ বা, $\frac{4}{3}\pi R_1^3\rho_1 = \frac{4}{3}\pi R_2^3\rho_2$
$\therefore \frac{\rho}{\rho_2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3 = \left(\frac{0.96\ R_1}{R_1}\right)^3 = (0.96)^3$
আবার,
$\frac{g_2}{g_1} = \frac{\frac{4}{3}G\pi R_2\rho_2}{\frac{4}{3}G\pi R_1\rho_1} = \frac{0.96\ R_1}{R_1} \times \frac{\rho_2}{\rho_1} = 0.96 \times \frac{1}{(0.96)^3} = 1.085$
$\therefore$ বৃদ্ধি পাবে $= (1.085 - 1) \times 100\% = 8.5\%$

১৩. $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 6.6 \times 10^{23}}{3.4 \times 10^6}}$
$= 5088.741\ ms^{-1} = 5.08\ kms^{-1} \approx 5.1\ kms^{-1}$

২৩. $E_k = \frac{5}{2}nRT = \frac{5}{2} \times \frac{2}{28} \times 8.314 \times 300 = 445.3\ J$

১৭১ বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	ঘ	৪	খ	৫	ক	৬	ক	৭	খ	৮	*	৯	গ	১০	গ	১১	ঘ	১২	ঘ	১৩	ক
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	ক	২১	ঘ	২২	খ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

*৮. পীড়ন = স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক × বিকৃতি
বা, বিকৃতি $= \frac{1}{\text{স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক}} \times$ পীড়ন
সুতরাং বিকৃতি পীড়ন লেখচিত্রের ঢাল $= \frac{1}{\text{স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক}}$

১১. $\frac{h_2}{h_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$ বা, $h_2 = \frac{t_2^2}{t_1^2} \times h_1 = \frac{3^2}{1^2} \times 2 = 18\ m$

১৭. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 101325}{0.09}} = 1837.797\ ms^{-1} \approx 1.84\ kms^{-1}$

২৩. $A = \sqrt{A_{0X}^2 + A_{0Y}^2} = \sqrt{5(\sqrt{3})^2 + 5^2} = 10$

২৪. $\frac{A_{0Y}}{A_{0X}} = \frac{A\sin\alpha}{A\cos\alpha}$ বা, $\tan\alpha = \frac{5}{5\sqrt{3}} \therefore \alpha = 30^\circ$
$\therefore \alpha + \theta = 90^\circ$ বা, $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ = 2 \times \alpha$
$\therefore \theta = 2\alpha$

১৭২ রাশিদাজ্জোহা সরকারি মহিলা কলেজ, সিরাজগঞ্জ

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	ক	৪	ঘ	৫	ঘ	৬	ক	৭	গ	৮	খ	৯	খ	১০	ক	১১	খ	১২	খ	১৩	খ
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	*	২০	ঘ	২১	খ	২২	ক	২৩	গ	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\sqrt{6^2 + x^2} = 10$ বা, $x^2 = 100 - 36$ বা, $x^2 = 64 \therefore x = 8$ একক।

৬. $PV = nRT$ বা, $V = \frac{nRT}{P} = \frac{\frac{20}{32} \times 8.314 \times 310}{101325} = 0.0159\ m^3 \approx 0.02\ m^3$.

১২. $E_k = \frac{P^2}{2m}$ বা, $P = \sqrt{2m.E_k} \therefore \frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{E_{k_1}}{E_{k_2}}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$
$\therefore P_2 = 2P_1$, অর্থাৎ ভরবেগ 100% বাড়বে।

১১. $W = m(g - a) = 90(9.8 - 2.8) = 630\ N$

১২. পরম ত্রুটি $= (3 - 2.98)\ cm = 0.2\ cm$

১৮. ব্যাসার্ধ পরিমাপে আপেক্ষিক ত্রুটি $= \left(\frac{0.02}{3}\right) \times 100\%$

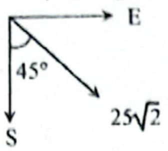
$\therefore$ আয়তন পরিমাপে আপেক্ষিক ত্রুটি $= \left\{3 \times \frac{0.02}{3}\right\} \times 100\% = 2\%$

১৯. পীড়ন = স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক × বিকৃতি

বা, বিকৃতি $= \frac{1}{\text{স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক}} \times$ পীড়ন

সুতরাং বিকৃতি পীড়ন লেখচিত্রের ঢাল $= \frac{1}{\text{স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক}}$

২১. দক্ষিণমুখী উপাংশ =
$25\sqrt{2}\cos(45°)$
$= 25\sqrt{2}.\frac{1}{\sqrt{2}}$
$= 25\ km/h$



২৫. $\sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + V^2} = 1$ বা, $V = \frac{1}{\sqrt{2}}$

১৭৩ সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর

উত্তর	১	ⓑ খ	২	ঘ	৩	গ	৪	গ	৫	ক	৬	খ	৭	গ	৮	গ	৯	গ	১০	ক	১১	ক	১২	ঘ	১৩	খ
	১৪	ঘ	১৫	গ	১৬	গ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	খ	২০	ঘ	২১	খ	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

১. কোনো ত্রিমাত্রিক ব্যবস্থায় একটি ভেক্টর ক্ষেত্র $\vec{v}$ এবং ডেল অপারেটরের $(\vec{\nabla})$ ডট বা স্কেলার গুণফলকে ঐ ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স বলে। ভেক্টর ফাংশন বা ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স সর্বদা স্কেলার হয়।

৫. $x = \sqrt{4}\sin 4\pi t$ সমীকরণকে $x = a\sin(\omega t) + \delta$ সমীকরণের সাথে তুলনা করে পাই, $\omega = 4\pi$; এখন, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ বা, $4\pi = \frac{2\pi}{T}$ বা, $T = \frac{1}{2} = 0.5\ sec$

৮. স্প্রিং ধ্রুবক, $k = \frac{F}{x} = \frac{5}{0.1} = 50\ Nm^{-1}$

১৮. মোট শক্তি $= \frac{f}{2}KT = \frac{12}{2}KT = 6\ KT$

২২. পয়সনের অনুপাত $= \frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = \frac{0.002}{0.02} = 0.1$

২৪. $I = Mr^2 = \frac{2}{1000} \times (0.1)^2 = 0.00002\ kgm^{-2}$

২৫. $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3$ বা, $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{R}{4R}\right)^3$

বা, $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \frac{1}{64}$ বা, $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{8}$ $\therefore T_1 : T_2 = 1 : 8$

১৭৪ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এ্যান্ড কলেজ, সৈয়দপুর, নীলফামারী

উত্তর	১	ক	২	খ	৩	ক	৪	গ	৫	ক	৬	ঘ	৭	গ	৮	ঘ	৯	গ	১০	ক	১১	ক	১২	গ	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	ক	২২	খ	২৩	ক	২৪	ক	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

৪. কাজ, $W = P\Delta V$ তাই $PV = RT$ সমীকরণের একক J (জুল)

১০. $\frac{T_s}{T_c} = \sqrt{\frac{g_c}{g_s}} = \sqrt{\frac{0}{9.8}} = 0$

১৩. $L \propto g$; $\frac{L_{up}}{L_{down}} = \frac{g + a}{g - a} = \frac{9.8 + 2}{9.8 - 2} = 1.5$

১৭. কৃতকাজ $W = Fs\cos\theta$; F ও s এর মধ্যবর্তী কোণ $180° \geq \theta \geq 90°$ হলে, $\cos\theta$ ঋণাত্মক হয়, সেক্ষেত্রে কাজও ঋণাত্মক হবে।

১৮. $F = kx$ বা, $k = \frac{F}{x} = \frac{10}{5 \times 10^{-2}} = 200$

সুতরাং $W = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times (5 \times 10^{-2})^2 = 0.25\ J$

২২. $x(t) = -13 + 2t + 4t^2 - 3t^3$

$\therefore v(t) = \frac{d}{dt}\{x(t)\} = 2t + 8t - 9t^2$

$\therefore a(t) = \frac{d}{dt}\{v(t)\} = 8 - 18t \Rightarrow a(2) = 8 - 18 \times 2 = -28$

এখন, $F = ma = 0.5 \times (-28) = -14\ N$

২৩. $F = \frac{Gm(M - m)}{d^2}$; F সর্বোচ্চ হলে, $\frac{dF}{dm} = 0$

বা, $\frac{d}{dm}(Mm - m^2) = 0$ বা, $M - 2m = 0$ বা, $M = 2\ m$ বা, $\frac{M}{m} = 2$

১৭৫ ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষ্মীপুর

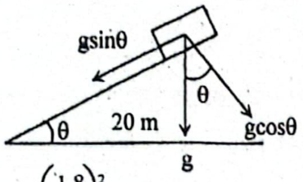
উত্তর	১	ক	২	গ	৩	গ	৪	গ	৫	ক	৬	খ	৭	গ	৮	খ	৯	*	১০	*	১১	গ	১২	খ	১৩	গ
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	খ	১৯	খ	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	খ	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

১. একটি ভেক্টর এবং তার একক ভেক্টর পরস্পর সমান্তরাল হয় ফলে তাদের মধ্যবর্তী কোণ 0° হবে।

৮.

$v = \sqrt{2as}$
$= \sqrt{2 \times g\sin30° \times 20}$
$= 14\ ms^{-1}$



৯. $m = \rho \times V = \rho \times \pi r^2 h = 1000 \times \pi \times \left(\frac{1.8}{2}\right)^2 \times 12 = 30536.28\ kg$

১০. (i) $\frac{m}{t} = \frac{30536.28}{14 \times 60} = 36.35\ Ls^{-1}$

(ii) $P = \frac{mgh}{t} = 36.35 \times 9.8 \times 6 = 2137.54\ Watt$

(iii) $P = \frac{2137.53}{746} = 2.86\ HP$

২৪. $E = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV\ [\because PV = nRT]$

২৫. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$; $M = 28 \times 10^{-3}\ kg$ [N_2 গ্যাস ধরে]

$= \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 373}{28 \times 10^{-3}}} = 576.5\ ms^{-1}$

১৭৬ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	গ	৪	গ	৫	খ	৬	ক	৭	খ	৮	ক	৯	গ	১০	ক	১১	খ	১২	ঘ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	খ	১৬	খ	১৭	গ	১৮	গ	১৯	খ	২০	ঘ	২১	ক	২২	ঘ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

১. $\frac{\Delta V}{V} = 3 \times \frac{\Delta r}{r} = 3 \times 1.2\ \% = 3.6\%$

৪. $\alpha = \cos^{-1}\frac{-u}{v} = \cos^{-1}\frac{-u}{\sqrt{2}u} = \cos^{-1}\frac{-1}{\sqrt{2}} = 135°$

৮. নিরেট গোলকের জন্য ঘূর্ণন জড়তার ভ্রামক, $I = \frac{2}{5}mr^2$, ঘূর্ণন গতিশক্তি,

$E_R = \frac{1}{2} \times \frac{2}{5}mr^2 \times \omega^2 = \frac{1}{5} \times m(r\omega)^2 = \frac{1}{5} \times mv^2$

আবার, $mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{5}mv^2$ বা, $gh = \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{5}v^2$

বা, $9.8 \times 7 = \frac{7}{10}v^2$ বা, $v^2 = \frac{98 \times 7}{7}$ বা, $v^2 = 98$

$\therefore E_R = \frac{1}{5}mv^2 = \frac{1}{5} \times 2 \times 98 = 39.2$ J

১১. ওজন কেন্দ্রবিমুখী বল, $mg = m\omega^2 r$ বা, $\omega^2 r = g$ বা, $\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$

২১. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ বা, $k = \frac{4\pi^2 \times m}{T^2} = \frac{4\pi^2 \times 64}{0.8^2} = 3947.84$ Nm⁻¹

২৪. $\sqrt{\frac{3RT_1}{M_1}} = \sqrt{\frac{3RT_2}{M_2}}$ বা, $\frac{T_1}{M_1} = \frac{T_2}{M_2}$ বা, $\frac{173}{2} = \frac{T_2}{32}$

বা, $T_2 = 2768°$ K $= 2495°$ C.

১৭৭ চট্টগ্রাম ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক কলেজ

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	খ	৪	ক	৫	ঘ	৬	গ	৭	খ	৮	খ	৯	গ	১০	গ	১১	খ	১২	ক	১৩	
	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	গ	১৭	ঘ	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	*	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \times 273}{44 \times 10^{-3}}} = 393.29\ ms^{-1}$

৭. $\omega = 6\pi$ বা, $2\pi f = 6\pi$ বা, $f = 3$ Hz

১৩. $I_{AB} = \frac{1}{2}mr^2$ এবং $I_{CD} = \frac{1}{2}mr^2 + mr^2 = \frac{3}{2}mr^2 = 3 \times I_{AB}$ বা, $I_{AB} = \frac{1}{3}I_{CD}$

১৬. কৃতকাজ, $W = mg\ AC \sin30° \times = 2 \times 9.8 \times 10 \times \sin30° = 98$ J

*২৩. $|\vec{P}|\cos\theta = \frac{\vec{P}.\vec{Q}}{|\vec{Q}|} = \frac{(3\hat{i} + 2\hat{j} + 4\hat{k}).(3\hat{i} + 4\hat{j} + 6\hat{k})}{\sqrt{3^2 + 4^2 + 4^2}} = \frac{9 + 8 + 24}{\sqrt{41}} = 6.403$

২৪. $W = \frac{1}{2}YA\frac{l^2}{L} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{11} \times 10^{-4} \times \frac{(0.02)^2}{1} = 4 \times 10^3$ J

২৫. (i) বিকৃতি, $\frac{l}{L} = \frac{2 \times 10^{-2}}{1} = 2 \times 10^{-2}$

(ii) পীড়ন, $\frac{F}{A} = Y\frac{l}{L} = 2 \times 10^{11} \times 2 \times 10^{-2} = 4 \times 10^9\ Nm^{-2}$

(iii) বিকৃতির কোনো একক নেই এবং বিকৃতি, $2 \times 10^{-2} = 0.02$

১৭৮ চট্টগ্রাম কলেজ

উত্তর	১	ক	২	খ	৩	ক	৪	ঘ	৫	ক	৬	ঘ	৭	খ	৮	খ	৯	গ	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	
	১৪	গ	১৫	গ	১৬	গ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	খ	২০	ক	২১	খ	২২	খ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $(\hat{i} \times \hat{j}).(\hat{i} + \hat{j}) = \hat{k}.(\hat{i} + \hat{j}) = \hat{k}.\hat{i} + \hat{k}.\hat{j} = 0 + 0 = 0$

৫. $T = m\omega^2 r = m \times \left(\frac{2\pi N}{t}\right)^2 \times r = 0.15 \times \left(\frac{2\pi \times 90}{60}\right)^2 \times 0.75 = 9.98$ N

১৩. $a = -\omega^2 x = -\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 x = -\left(\frac{2\pi}{5}\right)^2 x$

১৬. $k \propto \frac{1}{L}$ সুতরাং $k \times L = k' \times \frac{L}{2}$ বা, $k' = 2k$

২২. $(\vec{X} + \vec{Y}) \times (\vec{X} - \vec{Y}) = \vec{X} \times \vec{X} - \vec{X} \times \vec{Y} + \vec{Y} \times \vec{X} - \vec{Y} \times \vec{Y}$

$= \vec{0}\ (\vec{Y} \times \vec{X}) + (\vec{Y} \times \vec{X}) - \vec{0}$

$= 2(\vec{Y} \times \vec{X})$

২৪. $I_1 : I_2 = \frac{ml^2}{3} : \frac{ml^2}{12} = 12 : 3 = 4 : 1$

১৭৯ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	গ	২	ক	৩	খ	৪	গ	৫	গ	৬	ঘ	৭	ক	৮	ক	৯	ক	১০	গ	১১	খ	১২	ক	১৩	
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	ক	১৭	ক	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	*	২২	খ	২৩	গ	২৪	ক	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৭. $\vec{r} = \hat{i}\cos5t + \hat{j}\sin5t$

$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d}{dt}(\hat{i}\cos5t + \hat{j}\sin5t) = -\hat{i}5\sin5t + \hat{j}5\cos5t$

$= 5(\hat{j}\cos5t - \hat{i}\sin5t)$

৮. (i) $\vec{\nabla}.\vec{r} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right).(\hat{i}\cos5t + \hat{j}\sin5t)$

$= \frac{\partial}{\partial x}\cos5t + \frac{\partial}{\partial y}\sin5t = 0 + 0 = 0$

(ii) $\vec{\nabla} \times \vec{r} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}\right) \times (\hat{i}\cos5t + \hat{j}\sin5t)$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ \cos5t & \sin5t & 0 \end{vmatrix} = \hat{i}(0-0) - \hat{j}(0-0) + \hat{k}(0-0) = \vec{0}$$

সুতরাং, অঘূর্ণনশীল।

(iii) $\vec{\nabla} \times \vec{r} = 0$ তাই সংরক্ষণশীল।

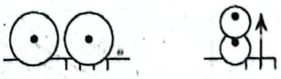
১২. $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ বা, $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 50} = 31.3\ ms^{-1}$

১৭. $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1u_1 + m_2u_2$

বা, $v_2 = \frac{m_1u_1 + m_2u_2 - m_1v_1}{m_2} = \frac{10 \times 4 + 12 \times (-5) - 10 \times (-5)}{12}$

$= 2.5\ ms^{-1}$

*২১.



ভরকেন্দ্রের সরণ $h = d = 10$ m = কৃতকাজ, $W = mgh$

$= 100 \times 9.8 \times 10 = 9800$ J

১৮০ হালিশহর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	খ	৪	খ	৫	*	৬	খ	৭	গ	৮	ক	৯	খ	১০	খ	১১	গ	১২	ঘ	১৩	
	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	খ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	*	২২	গ	২৩	ক	২৪	ঘ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\omega_0 = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 6}{1} = 36.68\ rads^{-1}$

*৫. (i) $\theta = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\alpha} = \frac{37.68^2 - 26^2}{2 \times 4} = 92.97$ rad = 14 বার

(ii) $t = \frac{\omega_0 - \omega}{\alpha} = \frac{37.68 - 26}{4} = 2.92$ sec

(iii) $\theta = 92.97$ rad

৭. $P = \vec{F}.\vec{V} = (3\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}).(\hat{i} + 2\hat{j} + \hat{k}) = 3 + 4 - 1 = 6$ W

৮. $W = Pt = 6 \times 2 = 12$ J

৯. ভরকেন্দ্রের সরণ, $h = \frac{1.5}{2} = 0.75$ m

$\therefore W = mgh = 2 \times 9.8 \times 0.75 = 14.7$ J

*২১. $E_k = \frac{5}{2}nRT = \frac{5}{2} \times \frac{2}{44} \times 8.31 \times 303 = 286.27$

২২. $PV = nRT$ বা, $PV = \frac{3}{2}RT$ বা, $2PV = 3RT$

১৮১ মুরারিচাঁদ কলেজ, সিলেট

উত্তর	১	ক	২	খ	৩	গ	৪	খ	৫	খ	৬	খ	৭	ঘ	৮	গ	৯	ঘ	১০	গ	১১	খ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	ক	১৬	*	১৭	খ	১৮	ঘ	১৯	খ	২০	*	২১	খ	২২	ক	২৩	খ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. (i) পর্যায়কাল, $T = 60 \text{ sec} = 1 \text{ min}$

(ii) কম্পাঙ্ক, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{60} = 1.67 \times 10^{-2}$ Hz

(iii) $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{60} = 0.1046 \text{ rads}^{-1}$

৪. আপেক্ষিক ত্রুটি $= \frac{\text{চূড়ান্ত ত্রুটি}}{\text{প্রকৃত মান}} \times 100\% = \frac{10.4 - 10}{10.4} \times 100\% = 3.84\%$

৯. $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ বা, $P_2 = \frac{P_1V_1}{T_1V_2} \times T_2 = \frac{P_1V_1}{T_1 \times 3V_1} \times 3T_1 = P_1$

∴ চাপ অপরিবর্তিত থাকে।

১২. $R = 2p\cos\frac{\alpha}{2}$ বা, $\frac{P}{2} = 2p\cos\alpha/2$ বা, $\alpha = 2\cos^{-1}\frac{1}{4} = 151.04°$

*১৬. $\frac{1}{2}mv^2 = mgh \Rightarrow h = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{mg} = \frac{\frac{1}{2} \times 200 \times \left(\frac{27}{3.6}\right)^2}{5 \times 9.8} = 114.796 \text{ m}$

*২০. $L = \frac{g}{\pi^2} = \frac{9.8}{\pi^2} = 0.9929 \text{ m}, g' = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$

$= 9.8 - \left\{\left(\frac{2\pi}{86400}\right)^2 \times 6.4 \times 10^6 \times (\cos 30°)^2\right\} = 9.7746 \text{ ms}^{-2}$

$\frac{T}{T'} = \frac{86400 - N}{86400}, \frac{2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}{2\pi\sqrt{\frac{L}{g'}}} = \frac{86400 - N}{86400}$

বা, $\sqrt{\frac{g'}{g}} = \frac{86400 - N}{86400}$ বা, $\sqrt{\frac{9.7746}{9.8}} = \frac{86400 - N}{86400}$

∴ $N = 112$

∴ 112 sec ধীরে চলবে।

১৮২ যশোর সরকারি সিটি কলেজ

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	ক	৪	ক	৫	ঘ	৬	গ	৭	ঘ	৮	গ	৯	খ	১০	ঘ	১১	ক	১২	ক	১৩	ঘ
	১৪	খ	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	গ	২০	ঘ	২১	খ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}}$ বা, $T' = \sqrt{\frac{2.232}{0.992}} \times 2 \text{ sec} = 3 \text{ sec}$

৬. কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 30}{60} = \pi \text{ radsec}^{-1}$

$= \pi \times \frac{60}{2\pi} \text{ rpm} = 30 \text{ rpm} = \frac{30}{60} \text{ revs}^{-1} = 0.5 \text{ revs}^{-1}$

৭. সুতার সর্বোচ্চ টান, $T_{max} = m\omega^2 r + mg$

$= (0.3 \times \pi^2 \times 1) + (0.3 \times 9.8)$

$= 5.90 \text{ N}$

১৩. $E_p = E_k$ বা, $\frac{1}{2}m\omega^2x^2 = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2)$

বা, $x^2 = A^2 - x^2$ বা, $2x^2 = A^2$ বা, $x = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = 1.414 \text{ cm}$

১৬. ভেক্টরদ্বয়ের ক্রস গুণনের মান শূন্য তাই,

$\frac{Q_x}{Q_x} = \frac{P_y}{Q_y} = \frac{P_z}{Q_z}$ বা, $\frac{1}{3} = \frac{-2}{m}$ বা, $m = -6$

∴ $\vec{Q} = 3\hat{i} - 6\hat{j} + 12\hat{k}$ অতএব, $\vec{P}.\vec{Q} = 3 + 12 + 48 = 63$

১৮. মুক্তিবেগ, $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ সুতরাং $\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{R}{R'}}$

বা, $\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{R}{2R}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ বা, $v' = \frac{x}{\sqrt{2}} = \frac{x}{1.41}$

২১. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{60 \times 60} = 2.78 \times 10^{-4}$ Hz

২৫. আমরা জানি, $T^2 \propto a^3$ বা, $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3$ বা, $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{2R}{3R}\right)^{\frac{3}{2}}$

$= \sqrt{\frac{8}{27}}$ ∴ $T_1 : T_2 = \sqrt{8} : \sqrt{27}$

১৮৩ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	গ	৪	খ	৫	গ	৬	ঘ	৭	গ	৮	গ	৯	গ	১০	খ	১১	গ	১২	খ	১৩	ক
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	গ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	ঘ	২০	ক	২১	ঘ	২২	ঘ	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৫. মূল গড় বর্গবেগ, $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{m}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 273}{32 \times 10^{-3}}} = 461.28 \text{ ms}^{-1}$

৬. আমরা জানি, গতিশক্তি ∝ তাপমাত্রা। সুতরাং $\frac{E_2}{E_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$= \frac{273 + 27}{273} = \frac{100}{91}$ ∴ $E_2 : E_1 = 100 : 91$

৮. প্রাথমিক বেগ v হলে, পরিবর্তিত বেগ, 3v।

সুতরাং পরিবর্তিত গতিশক্তি $\frac{1}{2}m(3v)^2 = 9 \times \frac{1}{2}mv^2$। অর্থাৎ নয় গুণ।

১১. পীড়ন $= \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{10 \times 9.81}{0.5 \times 10^{-6}} = 1.96 \times 10^8 \text{ Nm}^{-2}$

১২. বলের ঘাত, $J = Ft = \Delta p$ অর্থাৎ ভরবেগের মাত্রাই বলের ঘাতের মাত্রা। সুতরাং মাত্রা MLT^{-1}

১৫. স্প্রিং এর শ্রেণি সমবায়ে, $\frac{1}{k} = \frac{1}{200} + \frac{1}{300} = \frac{1}{120}$ বা, $k = 120 \text{ Nm}^{-1}$

২৪. $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{\frac{1.01L_1}{L_1}} = \sqrt{1.01}$। অতএব, $T_2 = 2 \times \sqrt{1.01}$

বা, $2\sqrt{1.01} = \frac{2 \times 86400}{86400 - n}$ বা, $n = 429.8$ sec

১৮৪ ঝালকাঠি সরকারি মহিলা কলেজ

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	ঘ	৪	ঘ	৫	খ	৬	*	৭	ঘ	৮	গ	৯	ঘ	১০	খ	১১	গ	১২	গ	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	খ	১৬	*	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	খ	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. কেন্দ্রমুখী বল বৃত্তাকার পথের কেন্দ্রের দিকে ক্রিয়া করে এবং সরণ বৃত্তাকার পথের স্পর্শক বরাবর হয়। বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° হওয়ায় কৃতকাজ শূন্য হয়।

*৬. কোনো পদার্থের পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে পয়সনের অনুপাত বলে। এর মান –1 থেকে 0.5 এর মধ্যে হয়।

*১৬. $\vec{P}.\vec{X} = (4\hat{i} + 3\hat{j}).(\hat{i}) = 4$ ∴ $\theta = \cos^{-1}\frac{4}{\sqrt{4^2 + 3^2}.\sqrt{1^2}} = 36.86°$

২১. $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$; চন্দ্রপৃষ্ঠের g এর মান কম বলে T বেশি হবে। তাই দোলক ঘড়ি ধীরে চলবে।

২৪. $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ বা, $T_2 = \frac{V_2T_1}{V_1} = \frac{2V_1(273 + 40)}{V_1} = 2(273 + 40) = 626 \text{ k} = 353° \text{ C}$

এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের উত্তরমালা

সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

২২৮. মডেল-৪

উত্তর	১	খ	২	খ	৩	ক	৪	গ	৫	ক	৬	খ	৭	ক	৮	খ	৯	গ	১০	গ	১১	গ	১২	[illegible]	১৩	[illegible]
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	খ	১৭	ঘ	১৮	ক	১৯	ক	২০	খ	২১	ক	২২	ক	২৩	গ	২৪	গ	২৫	[illegible]		

২২৯. মডেল-৫

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	গ	৪	খ	৫	ক	৬	ক	৭	গ	৮	ক	৯	খ	১০	খ	১১	ক	১২	[illegible]	১৩	[illegible]
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	গ	১৭	ক	১৮	ক	১৯	খ	২০	খ	২১	খ	২২	খ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	গ		

২৩০. মডেল-৬

উত্তর	১	ঘ	২	খ	৩	ঘ	৪	ক	৫	খ	৬	ক	৭	খ	৮	গ	৯	খ	১০	খ	১১	ক	১২	গ	১৩	[illegible]
	১৪	খ	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	ক	১৯	খ	২০	ক	২১	গ	২২	গ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	ক		

পরিশিষ্ট

বাছাইকৃত কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

২৩৫ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা

উত্তর	১	ক	২	গ	৩	গ	৪	ঘ	৫	ঘ	৬	খ	৭	ক	৮	ঘ	৯	ঘ	১০	খ	১১	খ	১২	খ	১৩	[illegible]
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	গ	১৭	ক	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	গ	২১	ঘ	২২	ক	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	খ		

২৩৬ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, লালমনিরহাট

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	ক	৪	গ	৫	গ	৬	খ	৭	ক	৮	ক	৯	খ	১০	ঘ	১১	খ	১২	খ	১৩	[illegible]
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	ক	১৭	খ	১৮	খ	১৯	খ	২০	খ	২১	গ	২২	ঘ	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	ক		

২৩৭ ইবনে তাইমিয়া স্কুল এন্ড কলেজ, কুমিল্লা

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	গ	৪	ঘ	৫	খ	৬	ক	৭	খ	৮	ক	৯	গ	১০	গ	১১	খ	১২	ক	১৩	[illegible]
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	ক	১৯	গ	২০	ঘ	২১	ক	২২	ক	২৩	ঘ	২৪	খ	২৫	খ		

২৩৮ ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	ক	৪	গ	৫	ক	৬	গ	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	ক	১০	গ	১১	ঘ	১২	খ	১৩	[illegible]
	১৪	ক	১৫	ক	১৬	ক	১৭	খ	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	ক	২১	খ	২২	খ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	ক		

পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্র

■ সৃজনশীল রচনামূলক অংশ ৩১০
■ সৃজনশীল বহুনির্বাচনি অংশ ৫৮৭
এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের উত্তরমালা: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি ৬০৮
পরিশিষ্ট ৬০৮

বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর

অধ্যায় ১ তাপগতিবিদ্যা

বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

Tutor এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে

বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	১	২	১	১	২	১	১	১১
২০২৩	২	১	১	২	১	১	১	১	১	১১
২০২২	১	২	২	১	২	১	২	২	১	১৪
২০২১	২	২	৩	২	২	২	২	২	৩	২০
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৬	০	–	০	০	১	১	১	১	১	৫
২০১৫	১	–	১	১	০	১	০	১	১	৬
মোট প্রশ্ন	১০	৬	১১	১১	১০	১০	১১	১১	১১	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

Tutor পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর –অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং-১

পরীক্ষাগারে আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে একটি সিলিন্ডারে এক মোল কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস রাখা আছে। পরীক্ষা সম্পন্নের এক পর্যায়ে শিক্ষক শিক্ষার্থীদের বললেন, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের আয়তন ২ গুণ করতে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার তুলনায় কম কাজ করতে হবে।

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কী? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেমের উষ্ণতা হ্রাস পায়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. শিক্ষকের বক্তব্য যথার্থ ছিল কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিই অভ্যন্তরীণ শক্তি।

খ রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ এর ক্ষেত্রে সিস্টেমে কোনো রকম তাপের আদান প্রদান ঘটে না; সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তির ফলে কাজ হয়। আমরা জানি, অভ্যন্তরীণ শক্তি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। অভ্যন্তরীণ শক্তি হ্রাসের ফলে তাপমাত্রা হ্রাস পায়। যেহেতু রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ শক্তি হ্রাস পায় সেহেতু রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেমের উষ্ণতা হ্রাস পায়।

গ আমরা জানি,

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক হলো–

$P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma$

বা, $P_2 = \frac{P_1V_1^\gamma}{V_2^\gamma} = P_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma$

$= P_1 \times \left(\frac{V_1}{2V_1}\right)^\gamma$

$= 101325 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{1.4}$

$= 38394.995$ Pa (Ans.)

এখানে,
কার্বন ডাই অক্সাইড (CO₂) গ্যাসের আদি আয়তন = V_1
CO_2 গ্যাসের শেষ আয়তন, $V_2 = 2V_1$
CO_2 গ্যাসের আদি চাপ, $P_1 = 101325$ Pa
CO_2 গ্যাসের জন্য, $\gamma = 1.4$
CO_2 গ্যাসের চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = ?$

ঘ

আমরা জানি, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

$W_1 = nRT\ ln\frac{V_2}{V_1}$

এখানে,
গ্যাসের মোল সংখ্যা, $n = 1$
CO_2 গ্যাসের ক্ষেত্রে, $\gamma = 1.4$
গ্যাস ধ্রুবক,

$= 1 \times 8.314 \times 273 \times ln\frac{2V}{V}$

$= 1573.25\ J$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় শেষ তাপমাত্রা T_2 হলে,

$T_2V_2^{\gamma-1} = TV_1^{\gamma-1}$

$T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T$

$R = 8.314\ J\ mol^{-1}K^{-1}$
আদি আয়তন, $V_1 = V$
শেষ আয়তন, $V_2 = 2V$
আদি তাপমাত্রা,
$T = 0°C = 273\ K$
∴ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W_1 = ?$
∴ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W_2 = ?$

$$= \left(\frac{V}{2V}\right)^{1.4-1} \times 273 = \left(\frac{1}{2}\right)^{0.4} \times 273 = 206.895\ K$$

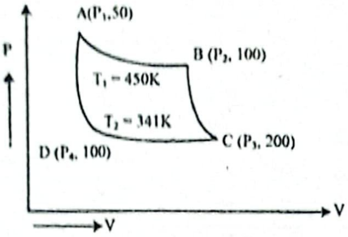
রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W_2 = \frac{nR}{\gamma-1}[T_1 - T_2]$

$$= \frac{1\times8.314}{1.4-1}[273-206.895]$$

$$= 1373.986\ J$$

যেহেতু, $W_2 < W_1$ অতএব, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের আয়তন ২ গুণ করতে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার তুলনায় কম কাজ করতে হবে। অর্থাৎ, শিক্ষকের বক্তব্য যথার্থ ছিল।

প্রশ্ন ▶ ২ **ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ ❙ প্রশ্ন নং ১**



$n = 1$ mole, $\gamma = 1.4$
$R = 8.31\ J\ mole^{-1}\ K^{-1}$

ক. কার্ণোর চক্র কাকে বলে? ১
খ. সমোষ্ণ রেখার চেয়ে রুদ্ধতাপীয় রেখা অধিকতর খাড়া— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চিত্র থেকে BC অংশে কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. চিত্রের AB এবং CD অংশে এনট্রপির পরিবর্তন একই হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বিশেষ প্রক্রিয়ায় কাজ করে একটি আদর্শ তাপ ইঞ্জিন অবিরাম শক্তি সরবরাহ করে আদি অবস্থায় ফিরে আসতে পারে তাকে কার্ণোর চক্র বলে।

খ আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তনের ক্ষেত্রে, PV^{γ} = ধ্রুবক। যেখানে, P হচ্ছে গ্যাসের চাপ V, হচ্ছে গ্যাসের আয়তন, γ হলো C_p এবং C_v এর অনুপাত। একে V এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে পাই,

$\frac{d}{dV}(PV^{\gamma}) = 0$

বা, $V^{\gamma}\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{রুদ্ধতাপীয়}} + P.\gamma V^{\gamma-1} = 0$

বা, $V^{\gamma}\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{রুদ্ধতাপীয়}} = - P\gamma V^{\gamma-1}$

$\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{রুদ্ধতাপীয়}} = -\gamma\frac{P}{V}$ ....(1)

আবার, সমোষ্ণ পরিবর্তনের ক্ষেত্রে, PV = ধ্রুবক। একে V এর সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে পাই, $\frac{d}{dV}(PV) = 0$

বা, $P\frac{dV}{dV} + V\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{সমোষ্ণ}} = 0$

$\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{সমোষ্ণ}} = -\frac{P}{V}$ ....(2)

সমীকরণ (1) ও (2) থেকে পাই— $\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{রুদ্ধতাপীয়}} = \gamma \times \left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{সমোষ্ণ}}$

যেহেতু γ এর মান সর্বদা 1 এর চেয়ে বড়, তাই রুদ্ধতাপীয় রেখার ঢাল সমোষ্ণ রেখার থেকে বেশি হবে। তাই সমোষ্ণ রেখার চেয়ে রুদ্ধতাপীয় রেখা অধিকতর খাড়া।

গ আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,

$W = \frac{nR}{\gamma-1}\ (T_1 - T_2)$

$= \frac{1\times 8.31}{1.4-1} \times (450-341)$

$= 2264.475\ J$ **(Ans.)**

এখানে, গ্যাসের মোল সংখ্যা, $n = 1$ mole
গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.31\ J\ mole^{-1}\ K^{-1}$
$\gamma = 1.4$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 450\ K$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 341\ K$
B থেকে C - তে যেতে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W = ?$

ঘ

আমরা জানি, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না। তাই অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন $dU = 0$
সুতরাং, তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুসারে
$dQ = dU + dW = dW$

এখানে,
মোল সংখ্যা, $n = 1$ mole
$\gamma = 1.4$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31\ J\ mol^{-1}K^{-1}$
আদি তাপমাত্রা,
$T_1 = 450\ K$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 341\ K$

AB পথে $V_A = 50$, $V_B = 100$

∴ কৃতকাজ, $dW_{AB} = nRT_1\ ln\frac{V_B}{V_A} = nRT_1\ ln\frac{100}{50} = nRT_1\ ln2$

অর্থাৎ, $dQ_1 = nRT_1\ ln2$

সুতরাং, এনট্রপির পরিবর্তন $dS_1 = \frac{dQ_1}{T_1} = \frac{nRT_1\ ln2}{T_1} = nR\ ln2$

$= 1 \times 8.31 \times ln2 = 5.76\ JK^{-1}$

CD পথে $V_C = 200$, $V_D = 100$

∴ কৃতকাজ, $dW_{CD} = nRT_2\ ln\frac{V_D}{V_C} = nRT_2\ ln\frac{100}{200} = nRT_2\ ln\left(\frac{1}{2}\right)$

সুতরাং, $dQ_2 = dW_{CD} = nRT_2\ ln\left(\frac{1}{2}\right)$

এখন এনট্রপির পরিবর্তন, $dS_2 = \frac{dQ_2}{T_2} = \frac{nRT_2\ ln\left(\frac{1}{2}\right)}{T_2}$

$$= nR\ ln\frac{1}{2} = 1 \times 8.31 \times ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$= -5.76\ JK^{-1} = -dS_1$$

∴ AB ও CD অংশে এনট্রপির পরিবর্তনের মান একই হলেও AB অংশে বৃদ্ধি পাচ্ছে ও CD অংশে হ্রাস পাচ্ছে।

প্রশ্ন ▶ ৩ **রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ❙ প্রশ্ন নং ৬**

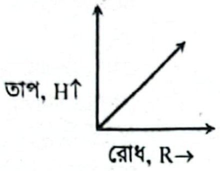
একটি কার্ণো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা 340 K। এই তাপমাত্রায় ইঞ্জিনটি উৎস হতে 2200 J তাপ শোষণ করে এবং তাপ গ্রাহকে 240 K তাপমাত্রায় 1200 J তাপ বর্জন করে।

ক. প্লাঙ্কের তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র বিবৃত করো। ১
খ. $H = 0.24\ I^2Rt$ সমীকরণ অনুসারে H – R লেখ.চিত্রটি অঙ্কন করে প্রকৃতি কীরূপ হবে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের আলোকে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ইঞ্জিনটির উৎসের তাপমাত্রা 120 K বাড়ালে দক্ষতার কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে উপস্থাপন করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন কোনো ইঞ্জিন তৈরি করা সম্ভব নয়, যেটা কোনো বস্তু থেকে তাপ গ্রহণ করে অবিরামভাবে কাজে পরিণত করবে অথচ পরিবেশের কোনো পরিবর্তন হবে না।

ঘ জুলের তাপীয় ক্রিয়ার সূত্রানুসারে উৎপন্ন তাপ $H = 0.24\ I^2Rt$. প্রবাহ (I) ও প্রবাহকাল (t) অপরিবর্তিত থাকলে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উদ্ভূত তাপ (H) পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক হয়। অর্থাৎ $H \propto R$। এখন H – R লেখচিত্র অঙ্কন করলে একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যাবে। লেখচিত্রটি হবে নিম্নরূপ:



গ মোট এনট্রপির পরিবর্তন dS হলে,

$$dS = \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}$$
$$= \frac{2200}{340} - \frac{1200}{240}$$
$$= 1.47\ JK^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
উৎস হতে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 2200\ J$
তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 1200J$
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 340\ K$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 240\ K$

ঘ আমরা জানি, দক্ষতা η হলে,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$
$$= \left(1 - \frac{240}{340}\right) \times 100\%$$
$$= 29.41\%$$

এখানে,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 340\ K$
তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 240\ K$

উৎসের তাপমাত্রা 120 K বাড়ালে উৎসের পরিবর্তিত তাপমাত্রা, $T_1' = T_1 + 120 = 340 + 120 = 460\ K$

সুতরাং, দক্ষতা $\eta' = \left(1 - \frac{T_2}{T_1'}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{240}{460}\right) \times 100\%$
$= 47.83\%$

দক্ষতার পরিবর্তন $\eta' - \eta = 47.83 - 29.41 = 18.42\%$

সুতরাং, উৎসের তাপমাত্রা 120 K বাড়ালে দক্ষতা 18.42% বাড়বে।

প্রশ্ন ▸ ৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ❚ প্রশ্ন নং ১

2 mol গ্যাস
30°C
পাত্র

উপরের চিত্রে গ্যাসের চাপ প্রথমে ধীরে দ্বিগুণ এবং পরে দ্রুত তিনগুণ করলে তাপমাত্রা পেল 197.83°C। জাহিন দাবি করল পাত্রের গ্যাস হিলিয়াম।

ক. শান্ট কী? ১
খ. হাইগেনের নীতি অপবর্তন সমর্থন করে কি না— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের ১ম ক্ষেত্রে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে জাহিনের দাবি সঠিক ছিল কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাই শান্ট।

খ হাইগেনের নীতি অনুসারে, তরঙ্গমুখের উপর প্রতিটি বিন্দু একটি গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে কাজ করে। অপবর্তনের শেষে আমরা দেখতে পাই আলো প্রতিবন্ধকের ধার ঘেঁষে যাওয়ার সময় যে আলোক রশ্মিটি বেঁকে যায় সেটি একটি গৌণ তরঙ্গ উৎসের মতো কাজ করে। যা হাইগেনের নীতিরই প্রদর্শনী। অতএব হাইগেনের নীতি অপবর্তন সমর্থন করে।

গ উদ্দীপকের ১ম প্রক্রিয়াটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া। ধরি, চূড়ান্ত আয়তন V_2 ও আদি আয়তন V_1।
সুতরাং, $P_1V_1 = P_2V_2$
বা, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2}$
আমরা জানি,
সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ,
$W = nRT_1\ ln\frac{V_2}{V_1}$

এখানে,
মোল সংখ্যা, n = 2 mol
তাপমাত্রা, $T_1 = 30°C$
$= 30 + 273 = 303\ K$
চাপের ক্ষেত্রে $P_2 = 2P_1$
বা, $\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2}$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314\ J\ mol^{-1}K^{-1}$

$$= 2 \times 8.314 \times 303 \times ln\frac{1}{2} = -3492.27\ J\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, ২য় ক্ষেত্রে প্রক্রিয়াটি ছিল রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।
আমরা জানি,
$T_1P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$
বা, $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 30°C$
$303\ K + 273 = 303\ K$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 197.83°C$
$= 197.83 + 273$
$= 470.83\ K$
চাপের ক্ষেত্রে, $P_2 = 3P_1$

বা, $ln\frac{T_1}{T_2} = \frac{1-\gamma}{\gamma}\ ln\frac{P_2}{P_1}$
বা, $ln\frac{303}{470.83} = \frac{1-\gamma}{\gamma}\ ln\frac{3P_1}{P_1}$
বা, $-0.44 = \frac{1-\gamma}{\gamma} \times 1.0986$
বা, $\frac{1-\gamma}{\gamma} = -0.4$
বা, $1 - \gamma = -0.4\gamma$
বা, $1 = \gamma - 0.4\gamma$ বা, $\gamma = \frac{1}{1-0.4} = 1.67$

এক পরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রে $\gamma = 1.67$ হয়।
হিলিয়াম গ্যাস একটি এক পরমাণুক গ্যাস। এক পরমাণুক গ্যাসের ম থেকে কোন গ্যাসটি আছে সেটি উপরের তথ্যের আলোকে নিশ্চিতভা বলা সম্ভব নয়। তবে হিলিয়াম যেহেতু এক পরমাণুক গ্যাস ত জাহিনের দাবিও সঠিক হওয়ার সম্ভাবনা রয়েছে।

প্রশ্ন ▸ ৫ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ❚ প্রশ্ন নং

দুটি কার্নো ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা যথাক্রমে 327°C এবং 22 ইঞ্জিনদ্বয়ের প্রতিস্তরে সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত যথাক্রমে 1 : এবং 1 : 3। উভয় ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহক বস্তু 2 mol দ্বি-পরমাণুক গ্যা

ক. এনট্রপি কাকে বলে?
খ. গ্যাসের ক্ষেত্রে দুই ধরনের আপেক্ষিক তাপ থাকে কেন? ব্যা করো।
গ. উদ্দীপকের প্রথম ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতক নির্ণয় করো।
ঘ. উদ্দীপকের কার্নো-ইঞ্জিনদ্বয়ের মধ্যে কোনটি বেশি কার্যক্ষম- গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো।

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, ত এনট্রপি বলে।

খ গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ করা হলে উষ্ণতার সাথে সাথে গ্যা চাপ অথবা আয়তন অথবা উভয়ই পরিবর্তিত হয়। তাই কোনো নির্দি পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা একই পরিমাণ বৃদ্ধি করতে বিভিন্ন ক্ষে

প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণও বিভিন্ন হয়। সেজন্য গ্যাসের ক্ষেত্রে দুই ধরনের আপেক্ষিক তাপ থাকে। যথা—

স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ এবং

স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ।

১ম ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে সমোষ্ণ প্রসারণের ক্ষেত্রে $\frac{V_2}{V_1} = 2$

আমরা জানি, কৃতকাজ,

$W = nRT_1 \ ln\frac{V_2}{V_1}$

$= 2 \times 8.31 \times 600 \times \ln2 = 6912.06$ J (Ans.)

এখানে,
মোল সংখ্যা, $n = 2$ mol
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 327°C$
$= 327 + 273 = 600$ K
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31$ $Jmol^{-1}K^{-1}$

ঘ প্রথম কার্ণো ইঞ্জিনে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2 হলে,

আমরা জানি,

$T_1V_2^{\gamma-1} = T_2V_3^{\gamma-1}$

বা, $T_1\left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma-1} = T_2$

বা, $600 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{1.4-1} = T_2$

$T_2 = 454.715$ K

∴ ১ম ইঞ্জিনের দক্ষতা η হলে,

$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$

$= \left(1 - \frac{454.715}{600}\right) \times 100\% = 24.2\%$

এখানে,
১ম ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে
উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 327$ °C
$= (327 + 273)$ K
$= 600$ K
সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত,
$\frac{V_2}{V_3} = \frac{1}{2}$
দ্বিপরমাণুক গ্যাসের জন্য,
$\gamma = 1.4$

আবার, দ্বিতীয় কার্ণো ইঞ্জিনে তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা T_2' হলে,

আমরা জানি,

$T_1'V_2'^{\gamma-1} = T_2'V_3'^{\gamma-1}$

বা, $T_1' \times \left(\frac{V_2'}{V_3'}\right)^{\gamma-1} = T_2'$

বা, $500 \times \left(\frac{1}{3}\right)^{1.4-1} = T_2'$

∴ $T_2' = 322.2$ K

২য় ইঞ্জিনের দক্ষতা, η' হলে

এখানে,
২য় ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,
উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1' = 227°C = (227 + 273)K$
$= 500$ K
সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত,
$\frac{V_2'}{V_2'} = \frac{1}{3}$
$\gamma = 1.4$

$\eta' = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1'}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{322.2}{500}\right) \times 100\% = 35.56\%$

দেখা যাচ্ছে, η' > η

যেহেতু, ২য় কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা ১ম ইঞ্জিনের চেয়ে বেশি, তাই বলা যায়, ২য় ইঞ্জিনটি বেশি কার্যক্ষম।

প্রশ্ন ▶ ৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১

কোনো দৃঢ় একই ধরনের দুটি ভিন্ন সিলিন্ডারে 10°C তাপমাত্রার 8 gm করে হাইড্রোজেন গ্যাস আছে। প্রথম সিলিন্ডারে আয়তন স্থির রেখে 410 J তাপ প্রদান করায় গ্যাসের তাপমাত্রা 15°C এ উন্নীত হলো। অপরপক্ষে দ্বিতীয় সিলিন্ডারে চাপ স্থির রেখে 410 J তাপ প্রদান করা হলো। [মোলার গ্যাস ধ্রুবক $R = 8.31$ $Jmol^{-1}$ K^{-1}]

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি বিবৃত করো। ১
খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম শীতল হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্থির আয়তনে মোলার তাপ ধারণ ক্ষমতা (C_V) নির্ণয় করো। ৩
ঘ. দ্বিতীয় সিলিন্ডারে গ্যাসের তাপমাত্রা 15°C এ উন্নীত হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো— দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের সময় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজ সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি ব্যয়ে সম্পাদিত হয় বলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি তথা তাপমাত্রা হ্রাস পায়। এ কারণে তখন সিস্টেম শীতল হয়। এর গাণিতিক ব্যাখ্যা নিম্নরূপ:

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় পরিবেশের সাথে সিস্টেমের তাপের আদান-প্রদান হয় না। অর্থাৎ $dQ = 0$

ফলে $dQ = dU + dW$ সূত্র হতে আমরা পাই,

$0 = dU + dW$ বা, $dW = -dU$ .... (i)

আয়তন প্রসারণ ঘটায় dW ধনাত্মক, তাই (i) নং অনুসারে dU ঋণাত্মক, যা সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির হ্রাস নির্দেশ করে। এ কারণে রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম শীতল হয়।

গ

হাইড্রোজেনের গ্যাসের মোল সংখ্যা,

$n = \frac{w}{M} = \frac{8}{2} = 4$

স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ, $C_V = \frac{Q}{n\Delta T}$

$= \frac{410}{4 \times 5}$

$= 20.5$ $J\ mol^{-1}K^{-1}$ (Ans.)

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 10°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 15°C$
তাপমাত্রার পরিবর্তন, $\Delta T = T_2 - T_1$
$= 15 - 10 = 5°C = 5$ K
সরবরাহকৃত তাপ, $Q = 410$ J
হাইড্রোজেন গ্যাসের ভর, $w = 8$ gm
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31$ $J\ mol^{-1}K^{-1}$
হাইড্রোজেন গ্যাসের মোলার ভর,
$M = 2$ gm

ঘ 'গ' হতে পাই, $C_v = 20.5$ $Jmol^{-1}K^{-1}$

আমরা জানি,

$C_p - C_v = R$

বা, $C_p = C_v + R$

$= 20.5 + 8.31$

$= 28.81$ $J\ mol^{-1}K^{-1}$

আবার, $C_p = \frac{Q}{n\Delta T}$

বা, $\Delta T = \frac{Q}{nC_p}$

বা, $T_2 - T_1 = \frac{410}{4 \times 28.81}$

বা, $T_2 - T_1 = 3.56$

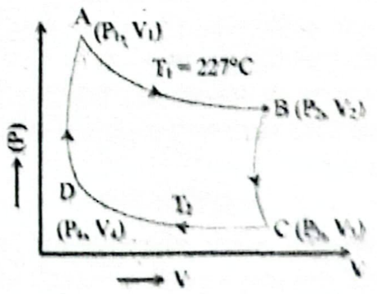
এখানে,
২য় সিলিন্ডারে,
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 10°C$
সরবরাহকৃত তাপ, $Q = 410$ J
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31$ $J\ mol^{-1}K^{-1}$
হাইড্রোজেনের মোল সংখ্যা, $n = 4$
['গ' থেকে]
স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ $= C_v$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা $T_2 = ?$

বা, $T_2 = T_1 + 3.56 = 10 + 3.56 = 13.56°C$

সুতরাং ২য় সিলিন্ডারে গ্যাসের তাপমাত্রা 15°C এ উন্নীত হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১

কার্ণো ইঞ্জিনের প্রতি স্তরে সংকোচন বা প্রসারণের অনুপাত 1 : 6. এতে কার্যনির্বাহক বস্তু হিসাবে 3 মোল দ্বি-পরমাণুক গ্যাস ব্যবহার করা হলো। ($\gamma = 1.4$)



ক. পানির ত্রৈধ বিন্দু কাকে বলে? ১
খ. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কার্যনির্বাহক বস্তুকে A হতে B বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. প্রদত্ত ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 55% অপেক্ষা বেশি হওয়া সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট চাপে বিশুদ্ধ বরফ, বিশুদ্ধ পানি এবং সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প তাপীয় সাম্যাবস্থায় সহাবস্থান করে তাকে পানির ত্রৈধ বিন্দু বলে।

খ প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় কোনো একটি সিস্টেম বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে। কোনো সিস্টেম A থেকে B তে যাওয়ার সময় এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS_1 = \frac{dQ}{T_1}$ হলে, B থেকে A থেকে ফেরার সময় এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS_2 = -\frac{dQ}{T_1}$ হবে। অর্থাৎ এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2 = \frac{dQ}{T_1} - \frac{dQ}{T_1} = 0$ হবে।

তাই, প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে।

গ

A হতে B প্রক্রিয়াটি সমোষ্ণ প্রসারণ প্রক্রিয়া। চূড়ান্ত আয়তন V_2 এবং আদি আয়তন V_1 হলে, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{6}{1} = 6$

আমরা জানি, সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ,

$$W = nRT_1 \ln\frac{V_2}{V_1}$$

$$= 3 \times 8.31 \times 500 \times \ln 6 = 22334.28 \text{ J } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 227°C$
$= 227 + 273 = 500$ K
মোল সংখ্যা, $n = 3$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

ঘ

আমরা জানি,

$$T_2V_2^{\gamma-1} = T_1V_1^{\gamma-1}$$

বা, $T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$

বা, $T_2 = 500 \times \left(\frac{1}{6}\right)^{1.4-1}$

$= 244.18$ K

এখন, কর্মদক্ষতা,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{244.18}{500}\right) \times 100\%$$

$$= 51.164\% < 55\%$$

এখানে,
তাপমাত্রা, $T_1 = 227°C$
$= (227 + 273)$ K
$= 500$K
রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ (BC) এর ক্ষেত্রে,
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{6}{1} = 6$
বা, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{6}$
$\gamma = 1.4$
তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

সুতরাং, প্রদত্ত ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 55% অপেক্ষা বেশি হওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ৮ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ১

একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 727°C ও 227°C। ইঞ্জিনটি তাপ উৎস থেকে 1000 J তাপ গ্রহণ করে। একজন ইঞ্জিনিয়ার উক্ত ইঞ্জিনের দক্ষতা 60% এ উন্নীত করেন।

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. মহাবিশ্বের এনট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পাচ্ছে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ইঞ্জিনটি কৃতকাজের মান কত? ৩
ঘ. তাপ গ্রাহকের কী পরিবর্তন করে উদ্দীপকের ইঞ্জিনিয়ার প্রদত্ত দক্ষতায় উন্নীত করতে সক্ষম হয়েছিলেন? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয়, ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থায় থাকতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায়, ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়। সাম্যাবস্থায় পৌঁছালে সিস্টেম থেকে আর কোনো কাজই পাওয়া যাবে না। সিস্টেমের এই শক্তির রূপান্তরের অক্ষমতা বা অসম্ভাব্যতাই হচ্ছে এনট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায়, তাদের এনট্রপিও তত বাড়তে সাম্যাবস্থায় এনট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। অর্থাৎ, যখন কোনো সি থেকে আর কাজ পাওয়া যায় না, তখন তার এনট্রপি হয় সর্ব আমরা জানি, সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন সর্বদা সাম্যাবস্থার দি পরিচালিত হয়। সুতরাং, সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনেই এনট্রপি বৃ পায়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চায়, তাই বলা যে, মহাবিশ্বের এনট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পাচ্ছে।

গ

আমরা জানি,

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

বা, $Q_2 = \frac{Q_1}{T_1} \times T_2$

$= \frac{1000}{1000} \times 500$

$= 500$ J

এখানে,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 727°C$
$= 727 + 273 = 1000$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 227°C = 227 + 273 = 500$ K
তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপ, $Q = 100$
তাপাধারে বর্জিত তাপ, $Q_2 = ?$
কৃতকাজ, $W = ?$

সুতরাং, কৃতকাজ, $W = Q_1 - Q_2 = 1000 - 500 = 500$ J **(Ans.)**

ঘ যন্ত্রের দক্ষতা η নির্ভর করে (i) উৎসের তাপমাত্রা, T_1 ও (ii) গ্রাহকের তাপমাত্রা, T_2 এর ওপর।

এখানে,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 727°C = 1000$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 227°C$
$= (227 + 273)$ K $= 500$ K

ধরি, উদ্দীপকের কার্নোর ইঞ্জিনের তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা T_2' K হলে, দক্ষতা $\eta' = 60\%$ হবে।

$\therefore \eta' = 1 - \frac{T_2'}{T_1}$

বা, $0.6 = 1 - \frac{T_2'}{1000}$

বা, $\frac{T_2'}{1000} = 1 - 0.6 = 0.4$

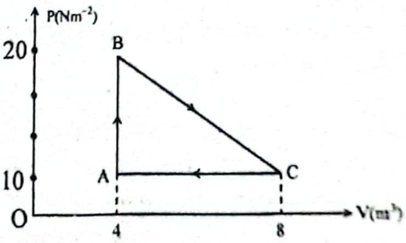
এখানে,
ইঞ্জিনের দক্ষতা,
$\eta' = 60\% = 0.6$

$\therefore T_2' = 0.4 \times 1000 = 400$ K

∴ তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস করতে হবে, $\Delta T = T_2 - T_2' = 500 -$
$= 100$ K

দেখা যাচ্ছে, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 100 K কমিয়ে 400 K ক ইঞ্জিনিয়ার প্রদত্ত দক্ষতায় উন্নীত করতে সক্ষম হয়েছিলেন।

প্রশ্ন ▶ ৯ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং



উপরের লেখচিত্রে n = 1 mole গ্যাসের জন্য P – V লেখের চ প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। B বিন্দুতে উৎস হতে 200 J তাপ গৃহীত হ

ক. তাপীয় সিস্টেম কী?
খ. রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে চাপের পরিবর্তন অধিকতর কেন? ব করো।
গ. CA ও AB পথে মোট কৃতকাজ কত?
ঘ. BC পথে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করা সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরীক্ষা-নিরীক্ষার সময় আমরা জড় জগতের যে নির্দিষ্ট তাপীয় অং বিবেচনা করি এবং তাপগতীয় স্থানাঙ্ক-এর সাহায্যে এর অবস্থা বর্ণনা দেই, তাই হলো তাপীয় সিস্টেম।

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

$$P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1^\gamma}{V_2^\gamma}$$

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1} = \frac{V_1^\gamma - V_2^\gamma}{V_2^\gamma}$$

$$\Delta P = \frac{P_1}{V_2^\gamma}(V_1^\gamma - V_2^\gamma) = P_1\left\{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma - 1\right\}$$

কোচনের ক্ষেত্রে, $V_1 > V_2 \therefore \frac{V_1}{V_2} > 1$

যা যাচ্ছে রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে চাপের পরিবর্তন আদি চাপের $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma - 1\}$ গুণ। একইভাবে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় চাপের পরিবর্তন দি চাপের $\left\{\left(\frac{V_1}{V_2}\right) - 1\right\}$ গুণ। γ ও $\frac{V_1}{V_2}$ এর মান 1 এর চেয়ে বেশি ওয়ায় $\left\{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma - 1\right\} > \left\{\left(\frac{V_1}{V_2}\right) - 1\right\}$।

কারণে রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে চাপের পরিবর্তন অধিকতর।

A পথে কৃতকাজ,

$W_{CA} = P\Delta V = P(V_2 - V_1)$

$= 10 \times (4 - 8)$

$= -40$ J

B পথে কৃতকাজ,

$W_{AB} = P\Delta V_{AB} = P \times 0 = 0$ J

এখানে,

CA পথে, আদি আয়তন, $V_1 = 8\ m^3$

চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = 4\ m^3$

চাপ, $P = 10\ Nm^{-2}$

AB পথে আয়তনের পরিবর্তন $\Delta V_{AB} = 0$

CA ও AB পথে মোট কৃতকাজ, $W = W_{CA} + W_{AB}$

$= -40 + 0 = -40$ J **(Ans.)**

য়তন বনাম চাপ এর লেখচিত্র রা আবদ্ধ ক্ষেত্রফল হতে কৃতকাজ ওয়া যায়।

থেকে C তে আসতে কৃতকাজ ও BC দ্বারা আবদ্ধ ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল। এর উচ্চতা,

$= V_C - V_A = 8 - 4 = 4\ m^3$

এখানে,

উৎস হতে গৃহীত তাপ, $dQ = 200$ J

আয়তন, $V_C = 8\ m^3$

$V_A = 4\ m^3$

চাপ, $P_A = 10\ Nm^{-2}$

$P_B = 20\ Nm^{-2}$

সমান্তরাল বাহুদ্বয়ের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে $10\ Nm^{-2}$ ও $20\ Nm^{-2}$

সুতরাং কৃতকাজ, $dW = \frac{1}{2} \times (10 + 20) \times 4 = \frac{1}{2} \times 30 \times 4 = 60$ J

আমরা, $dQ = dU + dW$

বা, $dU = dQ - dW = 200 - 60 = 140$ J

C পথে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করা সম্ভব এবং এর মান 140 J।

প্রশ্ন ▶১০ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ১

কটি তাপ ইঞ্জিন তাপ উৎস হতে 600 K তাপমাত্রায় 1100 J তাপ গ্রহণ করে 90 K তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে 300 J তাপ বর্জন করে। তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকে তাপমাত্রা বাড়ানো এবং কমানোর ব্যবস্থা আছে।

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১

খ. গ্যাসের ক্ষেত্রে দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকার কারণ বুঝিয়ে লেখ। ২

গ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তাপ ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাবর্তী করতে কী পদক্ষেপ গ্রহণ করা যেতে পারে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ করা হলে উষ্ণতার সাথে সাথে গ্যাসের চাপ অথবা আয়তন অথবা উভয়ই পরিবর্তিত হয়। তাই কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা একই পরিমাণ বৃদ্ধি করতে বিভিন্ন ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণও বিভিন্ন হয়। সেজন্য গ্যাসের ক্ষেত্রে দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে। যথা—

i. স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ এবং

ii. স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ।

গ

জানা আছে,

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{300}{1100}\right) \times 100\%$$

$= 72.72\%$ **(Ans.)**

এখানে,

উৎস থেকে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1100$ J

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 300$ J

তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = ?$

ঘ

এখানে,

$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{1100}{600} = \frac{11}{6}$

এবং $\frac{Q_2}{T_2} = \frac{300}{90} = \frac{10}{3}$

অর্থাৎ, $\frac{Q_1}{T_1} \neq \frac{Q_2}{T_2}$ অর্থাৎ, ইঞ্জিনটি অপ্রত্যাবর্তী।

এখানে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 600$ K

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 90$ K

তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1100$ J

তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 300$ J

ইঞ্জিনটি প্রত্যাবর্তী হতে হলে

$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$ হতে হবে।

ধরি, গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2' হলে ইঞ্জিনটি প্রত্যাবর্তী হবে [এখানে, T_1 স্থির]

$\therefore \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2'}$, বা, $T_2' = \frac{Q_2}{Q_1} \times T_1 = \frac{300}{1100} \times 600 = 163.6$ K

সুতরাং তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে $= T_2' - T_2 = 163.6 - 90$

$= 73.6$ K

আবার, তাপ উৎসের তাপমাত্রা T_1' হলে ইঞ্জিনটি যদি প্রত্যাবর্তী হয়

তবে, $\frac{Q_1}{T_1'} = \frac{Q_2}{T_2}$ [এখানে, T_2 স্থির]

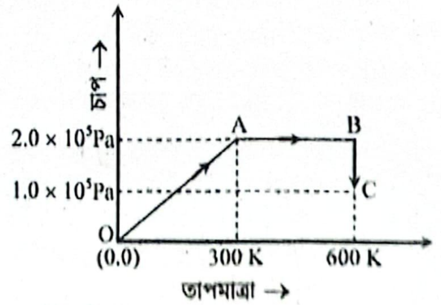
বা, $T_1' = \frac{Q_1}{Q_2} \times T_2 = \frac{1100}{300} \times 90 = 330$ K

সুতরাং তাপ উৎসের তাপমাত্রা কমাতে হবে $= T_1 - T_1' = (600 - 330)$
$= 270$ K

সুতরাং, তাপ ইঞ্জিনটিকে প্রত্যাবর্তী করতে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 73.6 K বৃদ্ধি অথবা উৎসের তাপমাত্রা 270 K হ্রাস করা যেতে পারে।

প্রশ্ন ▶১১ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ১

নিচের লেখচিত্রে 2 মোল কোনো গ্যাসের তাপমাত্রার সাথে চাপের পরিবর্তন দেখানো হলো। OA অংশে গ্যাসের আয়তন স্থির থাকে। স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ $12.5\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$।



ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার সংজ্ঞা দাও। ১

খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ধীর প্রক্রিয়া কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. OA রেখায় অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেখচিত্রের AB ও BC অংশের কৃতকাজ গাণিতিক বিশ্লেষণ সহকারে তুলনা করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয়, ঐ সব প্রক্রিয়া-ই হলো প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

খ যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা স্থির থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে। সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে (অর্থাৎ $\Delta T = 0$)। এই প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখার জন্য সিস্টেমের সাথে চারপাশের তাপ বিনিময় অব্যাহতভাবে ঘটতে হয়। যদি প্রক্রিয়াটি দ্রুত ঘটে, তাহলে তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা কঠিন হয়ে যাবে কারণ তাপ স্থানান্তরের জন্য প্রয়োজনীয় সময় পাওয়া যাবে না। তাই, সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ধীর প্রক্রিয়া হতে হবে যাতে তাপ বিনিময় সঠিকভাবে ঘটে এবং সিস্টেমের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

গ O বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_1 = 0$ K

A বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_2 = 300$K

তাপমাত্রার পরিবর্তন, $dT = T_2 - T_1$

$= 300 - 0$

$= 300$ K

এখানে,

মোল সংখ্যা, $n = 2$

স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ,

$C_V = 12.5\ \text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$

আমরা জানি,

অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন,

$dU = nC_V dT = 2 \times 12.5 \times 300 = 7500$ J **(Ans.)**

ঘ ধরি, A ও B বিন্দুতে আয়তন V_A ও V_B

এখানে,

$P_A V_A = nRT_A$

বা, $V_A = \dfrac{nRT_A}{P_A}$

$= \dfrac{2 \times 8.31 \times 300}{2.0 \times 10^5}$

$= 0.02493\ \text{m}^3$

আবার, $\dfrac{V_B}{T_B} = \dfrac{V_A}{T_A}$

বা, $V_B = \dfrac{T_B}{T_A} \times V_A$

$= \dfrac{600}{300} \times 0.02493 = 0.04986\ \text{m}^3$

এখানে,

মোল সংখ্যা, $n = 2$

মোলার গ্যাস ধ্রুবক,

$R = 8.31\ \text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

$P_A = 2.0 \times 10^5\ \text{Pa} = P_B = P$

$P_C = 1.0 \times 10^5$ Pa

$T_A = 300$ K

$T_B = 600\text{K} = T_C = T$

আবার, $V_C P_C = V_B P_B$ বা, $V_C = \dfrac{V_B P_B}{P_C} = \dfrac{0.04986 \times 2.0 \times 10^5}{1.0 \times 10^5}$

$= 0.09972\ \text{m}^3$

AB প্রক্রিয়াটি সমচাপ প্রক্রিয়া।

এই প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ $dW_{AB} = PdV = P(V_B - V_A)$

$= 2.0 \times 10^5 \times (0.04986 - 0.02493)$

$= 4986$ J

BC সমোষ্ণ প্রক্রিয়া। এই প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $dW_{BC} = nRT\, ln \dfrac{V_C}{V_B}$

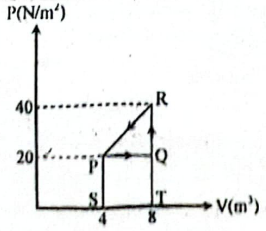
$= 2 \times 8.31 \times 600 \times \ln \dfrac{0.09972}{0.04986}$

$= 6912.06$ J

$\therefore dW_{BC} - dW_{AB} = 6912.06 - 4986 = 1926.06$ J

সুতরাং, AB অংশের তুলনায় BC অংশে কৃতকাজ 1926.06 J বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ১২ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ১



চিত্রে গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে। এখানে Q থেকে R এ যেতে তাপগতীয় ব্যবস্থায় 80 J তাপশক্তি সরবরাহ করা হয়েছে।

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কাকে বলে?

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম শীতল হয়– ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপক অনুসারে R অবস্থানে আসতে তাপগতীয় ব্যবস্থা অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কত?

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে, PQRP চক্রের প্রতিটি ধাপে কাজের করো।

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার উৎপন্ন বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

খ রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের সময় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি ব্যয়ে সম্পাদিত হয় ফলে সি অভ্যন্তরীণ শক্তি তথা তাপমাত্রা হ্রাস পায়। এ কারণে তখন সি শীতল হয়। এর গাণিতিক ব্যাখ্যা নিম্নরূপ:

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় পরিবেশের সাথে সিস্টেমের তাপের আদান- হয় না। অর্থাৎ $dQ = 0$

ফলে $dQ = dU + dW$ সূত্র হতে,

$0 = dU + dW$ বা, $dW = -dU$ .... (i)

আয়তন প্রসারণ ঘটায় dW ধনাত্মক, তাই (i) নং অনুসারে ঋণাত্মক, যা সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির হ্রাস নির্দেশ করে। এ কা রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম শীতল হয়।

গ উদ্দীপকে Q থেকে R অবস্থানে আয়তন স্থির থাকায় সমআয়তন প্রক্রিয়া। এক্ষেত্রে, আয়তনের পরিবর্তন

$\Delta V = 0$। তাই, কৃতকাজ, $dW = P\Delta V = 0$

অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন, dU হলে,

$dQ = dU + dW$

বা, $dQ = dU$

$\therefore dU = +80$ J

এখানে,

গৃহীত তাপ, $dQ = +80$ J

কৃতকাজ, $dW = 0$

$\therefore$ উদ্দীপক অনুসারে R অবস্থানে আসতে তাপগতীয় ব্যবস্থা অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন, $dU = +80$ J **(Ans.)**

ঘ **১ম ধাপে:** P থেকে Q অবস্থানে যাওয়ার সময় চাপ স্থির তাই এটি সমচাপীয় প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ dW_1 হলে,

$dW_1 = P\Delta V$

$= P(V_2 - V_1)$

$= 20\,(8 - 4)$

$= 20 \times 4$

$= 80$ J

এখানে,

P অবস্থানে, আয়তন, $V_1 = 4$

চাপ, $P = 20$ Pa

Q অবস্থানে, আয়তন, $V_2 = 8$

চাপ, $P = 20$ Pa

R অবস্থানে, আয়তন, $V_3 = 8$

চাপ, $P_3 = 40$ Pa

২য় ধাপে: Q থেকে R অবস্থানে যাওয়ার সময় আয়তন স্থির তাই এটি সমআয়তন প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ dW_2 হলে

$dW_2 = P\Delta V = P(V_3 - V_2) = P\,(8 - 8) = 0$ J

৩য় ধাপে: R থেকে P অবস্থানে যাওয়ার ক্ষেত্রে কৃতকাজ,

$dW_3 = \int_{V_1}^{V_2} PdV = $ PSTR ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল

$= \dfrac{1}{2}(PS + RT)(ST)$

$= \dfrac{1}{2}(20 + 40) \times 4$

$= 120$ J

এখানে,

$PS = P_1 = 20$ Pa

$RT = P_2 = 40$ Pa

$ST = V_2 - V_1$

$= (8 - 4)\ \text{m}^3 = 4\ \text{m}^3$

যেহেতু, R থেকে P তে যেতে আয়তন হ্রাস পায়, তাই কৃতকাজ

$\therefore dW_3 = -120$ J

এখন, শুধু মান নিলে, দেখা যাচ্ছে, $dW_3 > dW_1 > dW_2$

সুতরাং বলা যায়, R থেকে P তে নিতে কৃতকাজ সবচেয়ে বেশি থেকে R এ নিতে কৃতকাজ সবচেয়ে কম।

প্রশ্ন ▸ ১৩ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৫

g নাইট্রোজেন গ্যাসকে একটি ইঞ্জিনের সাহায্যে প্রথমে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় ও পরে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় আয়তন তিনগুণ করা হলো। ইঞ্জিনটি 127°C এবং 27°C তাপমাত্রায় কার্যকর আছে। (নাইট্রোজেনের আণবিক ভর 28 g)

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি বিবৃত করো। ১
খ. সংবেদনশীল বৈদ্যুতিক যন্ত্রে সান্টের ব্যবহার জরুরি কেন?— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বেশি হবে?— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্রের সাথে ক্ষুদ্রমানের যে রোধ ব্যবহৃত হয় তাই সান্ট। সান্ট ব্যবহারের ফলে তড়িৎ প্রবাহ বৈদ্যুতিক যন্ত্রের মধ্যে দিয়ে খুবই সামান্য পরিমাণে প্রবাহিত হয়। ফলে যন্ত্রটির অভ্যন্তরীণ কাঠামো নষ্ট হওয়ার কোনো ঝুঁকি থাকে না। সংবেদনশীল বৈদ্যুতিক যন্ত্র যেমন গ্যালভানোমিটার এর মধ্যে দিয়ে অধিকন্তু তড়িৎ প্রবাহ গিয়ে যেন যন্ত্রটি নষ্ট না হয় তাই উক্ত যন্ত্রের সাথে সান্ট ব্যবহার জরুরি।

গ আমরা জানি,

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$
$$= 1 - \frac{300}{400}$$
$$= 0.25$$
$$= 25\%$$

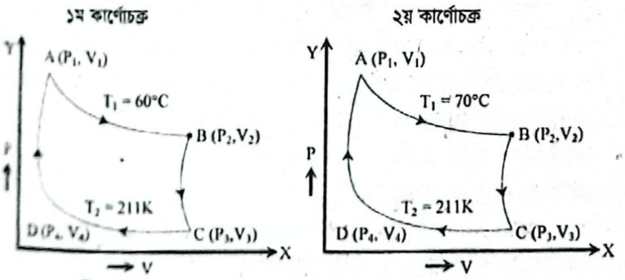
এখানে,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 127°C = (127 + 273)\ K = 400\ K$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 27°C = (27 + 273)\ K = 300\ K$
দক্ষতা, $\eta = ?$

সুতরাং, উদ্দীপকের ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 25% **(Ans.)**

ঘ ১ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $W_{\text{সমোষ্ণ}} = 7307.09$ J ও $W_{\text{রুদ্ধতাপীয়}} = 5913.33$ J। অতএব, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৪ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ১

উদ্দীপক চিত্রের উভয় কার্ণোচক্রে কার্যনির্বাহক বস্তু হিসেবে 1 মোল দ্বি-পারমাণবিক গ্যাস ব্যবহৃত হয়েছে। চক্র দুটির প্রতি চক্রে সংকোচন ও প্রসারণের অনুপাত যথাক্রমে 1 : 3 এবং 1 : 4। ($R = 8.31\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$)।



ক. রেফ্রিজারেটরের কর্মসম্পাদন সহগ কাকে বলে? ১
খ. সমআয়তন প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে প্রদত্ত তাপ সম্পূর্ণটাই অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির কাজে ব্যবহৃত হয়। ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের ১ম কার্ণোচক্রের কার্যনির্বাহক বস্তুকে B থেকে C-তে নিতে মোট কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে কোন কার্ণো চক্রটি বেশি কার্যকর? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ এবং রেফ্রিজারেটরের বাইরের এজেন্ট কর্তৃক কৃতকাজের অনুপাতকে রেফ্রিজারেটরের কর্মসম্পাদন সহগ বলে।

খ সিস্টেম এ প্রদত্ত তাপ ΔQ, সিস্টেম দ্বারা কৃতকাজ ΔW এবং অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি ΔU হলে,
$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W = \Delta U + PdV$$
সমআয়তন প্রক্রিয়ায় আয়তনের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না, তাই $dV = 0$ হয়। অর্থাৎ, সিস্টেমের মধ্যে প্রদত্ত তাপ সম্পূর্ণটাই অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির কাজে ব্যবহৃত হয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2535.77 J।

ঘ ১ম কার্ণোচক্রের ক্ষেত্রে,
∴ ইঞ্জিনটির দক্ষতা,
$$\eta_1 = (1 - \frac{T_2}{T_1}) \times 100\%$$
$$= \left(1 - \frac{211}{333}\right) \times 100\%$$
$$= 36.63\%।$$

এখানে, প্রথম কার্ণো চক্রের ক্ষেত্রে
উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 60°C = 333\ K$
আয়তন, $V_2 = V$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 211\ K$
আয়তন, $V_3 = 3V$

২য় কার্ণো চক্রের ক্ষেত্রে,
ইঞ্জিনটির দক্ষতা,
$$\eta_2 = \left(1 - \frac{T'_2}{T'_1}\right) \times 100\%$$
আবার, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,
$$T_2' = \left(\frac{V_2'}{V_3'}\right)^{\gamma-1} \times T_1'$$
$$= \left(\frac{V}{4V}\right)^{1.4-1} \times 343 = 197$$
$$\therefore \eta_2 = \left(1 - \frac{197}{343}\right) \times 100 = 42.56\%$$

উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1' = 70°\ C = 343\ K$
আয়তন, $V_2' = V$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, T_2'
আয়তন, $V_3' = 4V$

যেহেতু, $\eta_2 > \eta_1$। অতএব, উদ্দীপক অনুসারে ২য় কার্ণোচক্রটি বেশি কার্যকর।

প্রশ্ন ▸ ১৫ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ১

একটি তাপগতীয় ব্যবস্থায় 14 g নাইট্রোজেন গ্যাস 30°C তাপমাত্রায় ও 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে রক্ষিত আছে। স্থিরচাপে এতে তাপশক্তি সরবরাহ করা হলে তাপমাত্রা 35°C হয়। পরবর্তীতে উপরোক্ত প্রক্রিয়াটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় একটি আদি অবস্থান হতে একই আয়তনের পরিবর্তন করে কৃতকাজের পরিমাপ করা হলো— ($R = 8.31\ Jmol^{-1}K^{-1}$, $C_v = 20.8\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$)

ক. তাপের যান্ত্রিক সমতা কী? ১
খ. গাড়ির টায়ার বিস্ফোরণের সময় কী ধরনের তাপগতীয় প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে স্থির চাপের ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. স্থির চাপ প্রক্রিয়া এবং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় উদ্দীপকের নির্ণেয় কৃত কাজের মান সমান হবে কিং? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে পরিমাণ যান্ত্রিক শক্তি ব্যয়ে এক ক্যালরি তাপ উৎপন্ন হয় তাই তাপের যান্ত্রিক সমতা।

খ গাড়ির টায়ার বিস্ফোরণের সময় বায়ুর গতি অনেক বেশি থাকে, এবং বিস্ফোরণটি খুব দ্রুত সময়ের মধ্যে সংঘটিত হয়। বিস্ফোরণটি এতই দ্রুত সংঘটিত হয় যে, এর মধ্যে কোনো তাপের আদান-প্রদান ঘটে না। অতএব, টায়ার বিস্ফোরণের প্রক্রিয়াটি একটি রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া। কেননা রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপের কোনো রকম আদান-প্রদান ঘটে না।

গ
আমরা জানি, স্থির চাপের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন,
$$dU = nC_v dT$$
$$= \frac{1}{2} \times 20.8 \times (T_2 - T_1)$$

এখানে,
নাইট্রোজেন গ্যাসের ভর, $w = 14$ g
নাইট্রোজেন গ্যাসের আনবিক ভর, $M = 28$ g
∴ মোল, $n = \frac{w}{M} = \frac{14}{28} = \frac{1}{2}$

$= \frac{1}{2} \times 20.8 \times (308-303)$

$= 52$ J (Ans.)

প্রাথমিক তাপমাত্রা $T_1 = 30°C = 303$ K

শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 35°C = 308$ K

$C_v = 20.8$ J mol^{-1} K^{-1}

∴ অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন, $dU = ?$

ঘ

আমরা জানি,

$PV = nRT$

বা, $V = \frac{nRT}{P}$

$= \frac{0.5 \times 8.31 \times 303}{101325}$

$= 0.0124$ m^3

এখানে,

N_2 গ্যাসের ভর, $w = 14$ g

মোলার আণবিক ভর, $M = 28$ g mol^{-1}

∴ মোল সংখ্যা, $n = \frac{w}{M} = \frac{14}{28} = 0.5$ mol

তাপমাত্রা, $T_1 = 30°C = 303$ K

30°C তাপমাত্রায় আয়তন, $V = ?$

চাপ, $P = 1$ atm $= 101325$ Nm^{-2}

মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.31$ Jmol^{-1} K^{-1}

আবার, স্থির চাপের ক্ষেত্রে,

কৃতকাজ, $W_P = P\Delta V$

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হতে পাই,

$PV = nRT$

বা, $PdV = nRdT$

বা, $\int_{V_1}^{V_2} PdV = \int_{T_1}^{T_2} nRdT$

বা, $P[V_2 - V_1] = nR[T_2 - T_1]$

∴ $P\Delta V = nR\Delta T$

তাপমাত্রার পরিবর্তন,

$\Delta T = T_2 - T_1$

$= (35 - 30) = 5°C = 5$ K

সুতরাং কৃতকাজ, $W_P = nR\Delta T = 0.5 \times 8.31 \times 5 = 20.775$ J

∴ আয়তনের পরিবর্তন, $\Delta V = \frac{W_P}{P} = \frac{20.775}{101325} = 2.05 \times 10^{-4}$ m^3

যেহেতু স্থির চাপ ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে আয়তন পরিবর্তন সমান সুতরাং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার জন্য,

$\Delta V = 2.05 \times 10^{-4}$ m^3

বা, $V_2 - V_1 = 2.05 \times 10^{-4}$

বা, $\frac{V_2}{V_1} - 1 = \frac{2.05 \times 10^{-4}}{V_1}$

বা, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{2.05 \times 10^{-4}}{0.0124} + 1 = 1.0165$ [∵ V_1 = 30°C তাপমাত্রায় আদি আয়তন = V]

∴ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W_T = nRT\, ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

$= 0.5 \times 8.31 \times 303 \times ln\,(1.0165)$

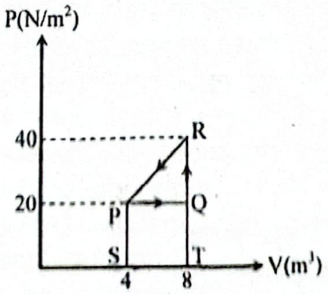
$= 20.6$ J

∴ $W_P \neq W_T$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যাচ্ছে যে স্থির চাপ প্রক্রিয়া এবং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজের মান সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৬ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ১

নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ করো :



চিত্রে গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রার পরিবর্তন দেখানো হয়েছে। এখানে, Q থেকে R এ যেতে তাপগতীয় ব্যবস্থায় 80 J তাপশক্তি সরবরাহ করা হয়েছে।

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কাকে বলে?

খ. রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেম উষ্ণ হয়– ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপক অনুসারে R অবস্থানে আসতে ব্যবস্থাটিতে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কত?

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে, PQRP চক্রের প্রতিটি ধাপে কাজের করো।

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার উৎপন্ন বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

খ রুদ্ধতাপীয় সংকোচন এর ক্ষেত্রে সিস্টেমে কোনো রকম আদান প্রদান ঘটে না। সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তির ফলে কাজ হয় সিস্টেমটি সংকুচিত হয়। আমরা জানি, অভ্যন্তরীণ শক্তি উপর নির্ভরশীল। অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির ফলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি যেহেতু রুদ্ধতাপীয় সংকোচন এর ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি সেহেতু রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেম উষ্ণ হয়।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ১৭ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন

56 g নাইট্রোজেন গ্যাসকে একটি ইঞ্জিনের সাহায্যে প্রথমে প্রক্রিয়ায় এবং পরে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় আয়তন তিনগুণ করা ইঞ্জিনটি 127°C ও 27°C তাপমাত্রায় কার্যকর আছে। (নাইট্রোজেন আণবিক ভর 28 g)

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি বিবৃত করো।

খ. ফটোইলেকট্রনের গতিশক্তি আলোর তীব্রতা নয় নির্ভর-- ব্যাখ্যা করো।

গ. ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় করো।

ঘ. উদ্দীপকের কোন প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বেশি হবে? বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায়

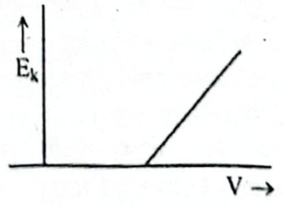
খ সাধারণত আলোর তীব্রতা বাড়লে সে আলোতে ফোটনের বৃদ্ধি পায়। কোয়ান্টাম তত্ত্ব অনুসারে, একটা ফোটন শুধুমাত্র ইলেকট্রনকেই আঘাত করে। তাই ফোটনের সংখ্যা বৃদ্ধিতে গতিশক্তি বাড়ে না।

অন্যদিকে, আমরা জানি,

ফোটনের শক্তি, $E = h\nu_0 + E_k$

অর্থাৎ ফোটনের কম্পাঙ্ক যত বাড়বে সে ফোটনের শক্তিও তত পাবে। ফলে ইলেকট্রনের গতিশক্তি বাড়বে।

তাই বলা যায়, ফটোইলেকট্রনের গতিশক্তি আলোর তীব্রতা নয় নির্ভর।

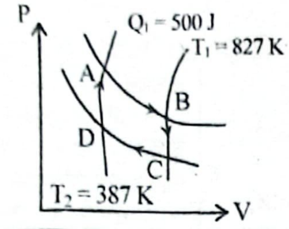


গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $W_{সমোষ্ণ} = 7307.09$ J ও $W_{রুদ্ধতাপীয়} = 5913.33$ J। অতএব, প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বেশি হবে।

▶ ১৮ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ১



চিত্রে একটি কার্নো ইঞ্জিনের P-V লেখচিত্র দেখানো হলো।

ক. তাপ ইঞ্জিন কাকে বলে? ১

খ. গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ দুই প্রকার কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ইঞ্জিন কর্তৃক কৃত কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কার্নো ইঞ্জিনের তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে দক্ষতা অর্ধেক হবে কিনা—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ইঞ্জিনের সাহায্যে তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় তাকে তাপ ইঞ্জিন বলে।

খ এক মোল কোনো পদার্থের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ পদার্থের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। যেহেতু গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ ও আয়তন দুইটি স্থির রেখে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পরিমাপ হয় যায়। সে জন্য গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ দুই প্রকার।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 266.02 J।

ঘ কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$

$= \left(1 - \frac{387}{827}\right) \times 100\%$
$= 53.20\%$

এখানে,
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 827$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 387$ K

যখন তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে, তাপ গ্রাহকের নতুন তাপমাত্রা $T_2' = 2 \times T_2 = 2 \times 387 = 774$ K

এ ক্ষেত্রে ইঞ্জিনের দক্ষতা,

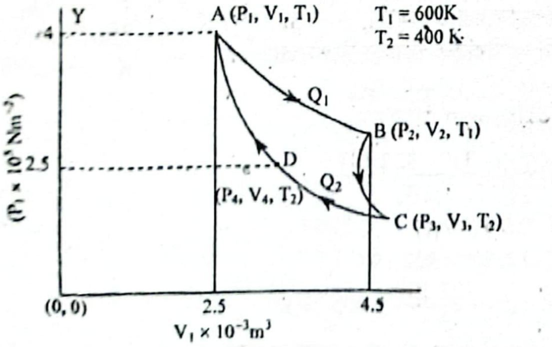
$$\eta' = \left(1 - \frac{T_2'}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{774}{827}\right) \times 100\% = 6.40\%$$

$$\therefore \eta' = \frac{\eta}{8.3125}$$

যেহেতু $\eta' < \frac{\eta}{2}$। অতএব, কার্নো ইঞ্জিনের তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে দক্ষতা অর্ধেকের থেকেও কম হবে।

▶ ১৯ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ১

ক্লসিয়াস পিস্টন যুক্ত সিলিন্ডারে এক মোল হাইড্রোজেন গ্যাস নিয়ে P – V এর লেখচিত্র নিম্নে প্রদর্শিত চক্রটির অনুরূপ একটির চক্র পেলেন। ক্লসিয়াসের মতে এটি একটি প্রত্যাবর্তী চক্র।



ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসকে সংকুচিত করলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে হাইড্রোজেন গ্যাসকে B হতে C তে আনতে কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ক্লসিয়াসের দাবিটি যৌক্তিক কিনা ব্যাখ্যা করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ রুদ্ধতাপীয় সংকোচন এর ক্ষেত্রে সিস্টেমে কোনো রকম তাপের আদান প্রদান ঘটে না। সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তির ফলে কাজ হয় এবং সিস্টেমটি সংকুচিত হয়। আমরা জানি, অভ্যন্তরীণ শক্তি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির ফলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। যেহেতু রুদ্ধতাপীয় সংকোচন এর ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় সেহেতু রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেম অর্থাৎ, গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4155 J।

ঘ উদ্দীপকের চক্রটি প্রত্যাবর্তী চক্র হলে এর সব ধাপের মোট এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য হবে।

AB সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,
$dQ = dU + dW$
সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায়, $dU = 0$
$\therefore dQ_1 = dW = nRT_1\, ln\frac{V_2}{V_1}$
$\therefore$ AB ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_1 = \frac{dQ_1}{T_1} = \frac{nRT_1 \ln\frac{V_2}{V_1}}{T_1}$$
$$= nR \ln\frac{V_2}{V_1}$$
$$= 1 \times 8.31 \times \ln\frac{4.5 \times 10^{-3}}{2.5 \times 10^{-3}}$$
$$= 4.89\ JK^{-1}$$

এখানে,
A বিন্দুতে আয়তন,
$V_1 = 2.5 \times 10^{-3}\ m^3$
B বিন্দুতে আয়তন,
$V_2 = 4.5 \times 10^{-3}\ m^3$
AB সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার তাপমাত্রা,
$T_1 = 600$ K
CD সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার তাপমাত্রা,
$T_2 = 400$ K
মোল সংখ্যা, $n = 1$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.31\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$

BC রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন, $dS_2 = 0\ JK^{-1}$

C বিন্দুতে আয়তন V_3 হলে, B থেকে C রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে,

$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}$

বা, $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^{\gamma-1}$

বা, $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \frac{V_3}{V_2}$

এখানে,
B বিন্দুতে, তাপমাত্রা, $T_1 = 600$ K
আয়তন, $V_2 = 4.5 \times 10^{-3}\ m^3$
C বিন্দুতে,
তাপমাত্রা, $T_2 = 400$ K

বা, $V_3 = V_2\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 4.5 \times 10^{-3}\left(\frac{600}{400}\right)^{\frac{1}{1.4-1}}$
$= 0.0124\ m^3$

D থেকে A পথে রুদ্ধতাপীয় সংকোচনের ক্ষেত্রে আমরা পাই,
$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1}$

বা, $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\gamma-1}$

বা, $\frac{V_4}{V_1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$

এখানে,
A বিন্দুতে,
তাপমাত্রা, $T_1 = 600$ K
আয়তন, $V_1 = 2.5 \times 10^{-3}\ m^3$
D বিন্দুতে,
তাপমাত্রা, $T_2 = 400$ K
আয়তন, $V_4 = ?$

বা, $V_4 = V_1 \times \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 2.5 \times 10^{-3} \times \left(\frac{600}{400}\right)^{\frac{1}{1.4-1}}$
$= 6.889 \times 10^{-3}\ m^3$

CD সমোষ্ণ সংকোচনে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_3 = \frac{dQ_2}{T_2} = \frac{nRT_2 \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)}{T_2} = nR\, ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)$$
$$= 1 \times 8.31 \times \ln\left(\frac{6.889 \times 10^{-3}}{0.0124}\right) = -4.89\ JK^{-1}$$

DA রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে এনট্রপির পরিবর্তন, $dS_4 = 0\ JK^{-1}$

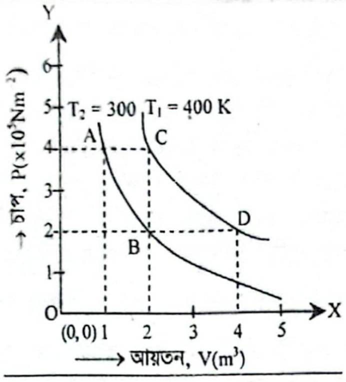
∴ ABCD প্রত্যাবর্তী চক্রে এনট্রপির মোট পরিবর্তন,

$dS = dS_1 + dS_2 + dS_3 + dS_4 = 4.89 + 0 - 4.89 + 0 = 0\ JK^{-1}$

দেখা যাচ্ছে, $dS = 0$

সুতরাং উদ্দীপকের চক্রটি প্রত্যাবর্তী চক্র। তাই বলা যায়, ক্লসিয়াসের দাবিটি যৌক্তিক।

প্রশ্ন ▶ ২০ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ১



চিত্রে 1 mole পরিমাণ কোনো গ্যাসের ক্ষেত্রে দুটি সমোষ্ণ লেখ দেখানো হয়েছে। গ্যাসটির স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ 25.18 J $mol^{-1}\ K^{-1}$.

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১

খ. তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের তাপমাত্রার মধ্যে পার্থক্য কমে গেলে ইঞ্জিনের দক্ষতাও কমে যায়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. CD অংশে কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A হতে C তে নিতে তাপশক্তির পরিবর্তন B হতে D তে নিতে তাপশক্তির পরিবর্তনের সমান হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ আমরা জানি, তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা,

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$$

বা, $\eta = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100\%$। দেখা যাচ্ছে, তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রার পার্থক্য $(T_1 - T_2)$ এর উপর নির্ভর করে এবং সমানুপাতিক হয়।

তাপ উৎসের তাপমাত্রা (T_1) বাড়লে বা তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা (T_2) কমলে এদের পার্থক্য $(T_1 - T_2)$ বেড়ে যায়, ফলে ইঞ্জিনের দক্ষতাও বাড়ে। আবার, তাপ উৎসের তাপমাত্রা (T_1) কমলে বা তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা (T_2) বাড়লে, এদের পার্থক্য $(T_1 - T_2)$ কমে যায়, ফলে ইঞ্জিনের দক্ষতাও কমে যায়।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2305.13 J।

ঘ 1 mole গ্যাসকে $T_2 = 300$ K থেকে $T_1 = 400$ K এ নিতে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন dU হলে,

$dU = nC_vdT$
$= 1 \times 25.18 \times 100$
$= 2518\ J$

এখানে,
মোলসংখ্যা, $n = 1$ mole
স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ,
$C_v = 25.18\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$
তাপমাত্রার পার্থক্য,
$dT = T_1 - T_2 = (400 - 300)\ K = 100\ K$

গ্যাসটিকে A থেকে C তে নিতে চাপ স্থির থাকায় এটি সমচাপীয় প্রক্রিয়া।

এক্ষেত্রে তাপশক্তির পরিবর্তন dQ_1 হলে,

$dQ_1 = dU + dW_1$
$= dU + P_1dV$
$= 2518 + 4 \times 10^5 \times 1$
$= 402518\ J$

এখানে,
$dU = 2518\ J$
চাপ, $P_1 = 4 \times 10^5\ Pa$
আয়তনের পরিবর্তন,
$dV = (2 - 1)\ m^3 = 1m^3$

আবার, গ্যাসটিকে B থেকে D তে নিতে চাপ স্থির
সমচাপীয় প্রক্রিয়া।

এক্ষেত্রে তাপশক্তির পরিবর্তন dQ_2 হলে,

$dQ_2 = dU + dW_2$
$= dU + P_2dV$
$= 2518 + 2 \times 10^5 \times 2$
$= 402518\ J$

দেখা যাচ্ছে, $dQ_1 = dQ_2$

এখানে,
$dU = 2518\ J$
চাপ, $P_2 = 2 \times 10^5\ Pa$
আয়তনের পরিবর্তন,
$dV = (4 - 2) = 2$

সুতরাং বলা যায়, A হতে C তে নিতে তাপশক্তির পরিবর্তন,
তে নিতে তাপশক্তির পরিবর্তনের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ২১ যশোর বোর্ড ২০২৩

দ্বি পারমাণবিক গ্যাস সম্বলিত একটি কার্ণো ইঞ্জিন 500K
উৎস হতে তাপ গ্রহণ করে। প্রতি প্রসারণে এর আয়তন

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে?

খ. রুদ্ধতাপীয় সংকোচনের সময় সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ
পায়— ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির প্রাথমিক দক্ষতা নির্ণয় করো।

ঘ. ইঞ্জিনের দক্ষতা 60% করতে হলে কী ব্যবস্থা
গাণিতিক বিশ্লেষণ করো।

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ অতি অল্প দূরত্বে
হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ যে কোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ার জন্য, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$
প্রযোজ্য। রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং $\Delta U + \Delta W =$
$\Delta U = -\Delta W$। সিস্টেম (গ্যাস) সংকুচিত হওয়ায় ΔW
সুতরাং ΔU ধনাত্মক। অতএব, রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে
অভ্যন্তরীণ শক্তি (ΔU) বৃদ্ধি পায়। প্রকৃতপক্ষে সংকোচনে
সিস্টেমের উপর কার্য সম্পাদিত হয় যা অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি

গ আমরা জানি,

$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

বা, $T_2 = T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$

$= 500 \times \left(\frac{V}{3V}\right)^{1.4-1}$

$= 322.197\ K$

এখানে, দ্বিপারমাণবিক
ক্ষেত্রে; $\gamma = 1.4$
উৎসের তাপমাত্রা $T_1 =$
আয়তন, $V_1 = V$
∴ প্রসারণের পর আয়তন,
3V
তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, T
দক্ষতা, $\eta = ?$

দক্ষতা, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\% = \frac{500-322.197}{500} \times 100\%$
$= 35.56\ \%$ (Ans.)

ঘ 'গ' হতে পাই,

ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $= 35.56\%$
তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 322.197\ K$
ধরি, পরিবর্তিত উৎসের তাপমাত্রা $= T_1'$

এখানে,
উৎসের
$T_1 = 500\ K$
ইঞ্জিনটির
$\eta' = 60\% =$

সুতরাং, $\eta' = \frac{T_1' - T_2}{T_1'}$

বা, $0.6 = \frac{T_1' - 322.197}{T_1'}$

বা, $0.6\ T_1' = T_1' - 322.197$

বা, $0.4\ T_1' = 322.197$

বা, $T_1' = \frac{322.197}{0.4} = 805.49\ K$

∴ তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে $T_1' - T_1 = (805.49-$
305.49 K

আবার, উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে তাপগ্রাহকের পরিবর্তিত
T_2' হলে,

$\eta' = 1 - \frac{T_2'}{T_1}$

বা, $0.6 = 1 - \frac{T_2'}{500}$

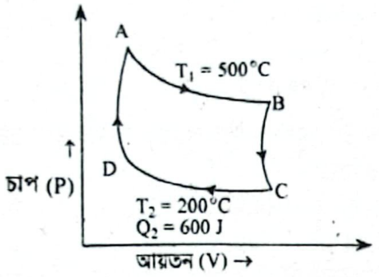
বা, $\frac{T_2'}{500} = 1 - 0.6 = 0.4$

বা, $T_2' = 200$ K

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে = $T_2 - T_2' = (322.197 - 200)$ K
= 122.197 K

∴ ইঞ্জিনের দক্ষতা 60% করতে তাপ উৎসের তাপমাত্রা 305.49 K বাড়াতে হবে অথবা তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 122.197 K কমাতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ২২ **বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ১**



উপরের P–V চিত্রটি একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের।

ক. বন্ধ সিস্টেম কী? ১

খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন শূন্য কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনে সমোষ্ণ প্রসারণে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে ইঞ্জিনটির দক্ষতা 1.5 গুণ করা সম্ভব কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে শুধুমাত্র শক্তি বিনিময় করতে পারে কিন্তু ভর বিনিময় করতে পারে না তাই বন্ধ সিস্টেম।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকে। আমরা জানি, কোন গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি তার তাপমাত্রার সমানুপাতিক। তাই গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তিত না হওয়ার কারণে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন শূন্য হয়।

গ তাপীয় ইঞ্জিনের একটি পূর্ণ চক্রের জন্য,

$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$

বা, $Q_1 = \frac{T_1}{T_2} \times Q_2 = \frac{773}{473} \times 600$
$= 980.55$ J

সমোষ্ণ প্রসারণে এনট্রপির পরিবর্তন,

$\Delta S = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{980.55}{773} = 1.268$ JK^{-1} **(Ans.)**

এখানে,
উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 500°C$
$= (500 + 273) = 773$ K
তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 200$ °C $= (200 + 273)$
$= 473$ K
তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপ,
$Q_2 = 600$ J
উৎস থেকে গৃহিত তাপ, Q_1
এনট্রপির পরিবর্তন, ΔS = ?

ঘ আমরা জানি,

ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
$= \frac{773-473}{773}$
$= 0.388$

এখানে, উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 500°C = 773$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 200°C = 473$ K
দক্ষতা, η = ?

পরিবর্তিত দক্ষতা,
$\eta' = 1.5 \times \eta = 0.582$

ধরি, গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2' হলে দক্ষতা η' হবে

$\eta' = \frac{T_1 - T_2'}{T_1}$

বা, $0.582 = \frac{773 - T_2'}{773}$

বা, $0.582 \times 773 = 773 - T_2'$

বা, $T_2' = 773 - 0.582 \times 773 = 323.114$ K

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $(T_2 - T_2') = 473 - 323.114 = 149.89$ K কমাতে হবে।

সুতরাং উৎসের তাপমাত্রা স্থির রেখে ইঞ্জিনটির তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 149.89 K কমিয়ে এর দক্ষতা 1.5 গুণ করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ২৩ **ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১**

0°C তাপমাত্রার 0.07 kg বরফকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে ফেলে দেয়া হলো। এতে বিভব শক্তির 55% তাপে রূপান্তরিত হলো এবং এই তাপ সমস্ত বরফকে গলিয়ে দিলো। কিছু সময় পর বরফগলা পানির তাপমাত্রা 5°C এ উন্নীত হলো। দেয়া আছে, বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 3.36×10^5 J kg^{-1} এবং পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 Jkg^{-1} K^{-1}।

ক. তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. সমআয়তন প্রক্রিয়ায় কাজ শূন্য কেন? ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. বরফ খণ্ডটি কত উচ্চতা থেকে ফেলা হয়েছিল? ৩

ঘ. বরফ গলন এবং বরফগলা পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি কোন ক্ষেত্রে পরিবেশের উপর অধিক প্রভাব পড়বে? এনট্রপির আলোকে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ গ্যাসের সমআয়তন প্রক্রিয়ায় কোনো কাজ হয় না। এর কারণ হলো, এ সময় গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ঘটে না।

আমরা জানি, গ্যাসের কৃতকাজ, dW = PdV যেখানে P হলো প্রযুক্ত চাপ এবং dV হলো আয়তনের পরিবর্তন। সমআয়তন প্রক্রিয়ায়, dV শূন্য হওয়ায়, dW = 0 হয়। এজন্য সমআয়তন প্রক্রিয়ায় গ্যাস কোনো কাজ করে না এবং এর ওপর বহিঃস্থ এজেন্ট দ্বারাও কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না।

গ ধরি, বরফ খণ্ডটি h উচ্চতা থেকে ফেলা হয়েছিল।

∴ বরফ খণ্ডের বিভবশক্তি, $E_p = mgh$

বরফ গলার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ Q হলে, $Q = mL_f$

প্রশ্নমতে, $Q = E_p \times 55\%$

[∵বিভবশক্তির 55% তাপে রূপান্তরিত হয়]

বা, $Q = E_p \times 0.55$

এখানে,
বরফ খণ্ডের ভর, m = 0.07 kg
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ
$L_f = 3.36 \times 10^5$ Jkg^{-1}
অভিকর্ষজ ত্বরণ, g = 9.8 ms^{-2}
উচ্চতা, h = ?

বা, $mL_f = mgh \times 0.55$

বা, $h = \frac{L_f}{g \times 0.55} = \frac{3.36 \times 10^5}{9.8 \times 0.55}$

∴ h = 62337.66 m = 62.33766 km **(Ans.)**

ঘ বরফ গলন ও বরফ গলা পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি- এই প্রক্রিয়া দুইটির মধ্যে যেটির এনট্রপি বেশি সেটির বিশৃঙ্খলার মাত্রা বেশি হবে এবং তার জন্য পরিবেশের উপর অধিক প্রভাব পড়বে।

বরফ গলনের ক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন dS_1 হলে,

$dS_1 = \frac{dQ_1}{T} = \frac{mL_f}{T}$
$= \frac{0.07 \times 3.36 \times 10^5}{273}$

∴ $dS_1 = 86.154$ Jk^{-1}

এখানে,
বরফের ভর, m = 0.07 kg
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$L_f = 3.36 \times 10^5$ Jkg^{-1}
তাপমাত্রা, T = 0°C = 273 K

বরফগলা পানির তাপমাত্রা 0°C থেকে 5°C এ উন্নীত হওয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন dS_2 হলে,

$$dS_2 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} ms \frac{dT}{T}$$

$$= ms \ln \frac{T_2}{T_1}$$

বা, $dS_2 = 0.07 \times 4200 \times \ln \frac{278}{273}$

$= 5.336 \text{ Jk}^{-1}$

এখানে,
পানির ভর, $m = 0.07$ kg
আপেক্ষিক তাপ,
$S = 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 0°C = (273 + 0) = 273$ K
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 5°C = (273 + 5) = 278$ K

দেখা যাচ্ছে, $dS_1 > dS_2$

সুতরাং, বরফ গলনের ক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন বেশি হওয়ায় এটির ক্ষেত্রে পরিবেশের উপর অধিক প্রভাব পড়বে।

প্রশ্ন ▸ ২৪ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১

একটি কার্ণো ইঞ্জিন 500 K তাপমাত্রায় উৎস থেকে 1250 J তাপ গ্রহণ করে এবং তাপ গ্রাহকে 700 J তাপ বর্জন করে। ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপগ্রাহক উভয়েরই তাপশক্তির পরিবর্তন সাপেক্ষে ইঞ্জিনের দক্ষতা 20% বৃদ্ধি করা সম্ভব।

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কাকে বলে? ১
খ. 'উষ্ণতামিতি পদার্থ হিসাবে পারদ ব্যবহার সুবিধাজনক'— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধি করা সংক্রান্ত তথ্যটি গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেকের সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন বা শক্তি রূপানআতর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

খ তাপমাত্রার পরিবর্তনে পদার্থের যে বিশেষ বিশেষ ধর্ম নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় এবং যে ধর্মের পরিবর্তন লক্ষ করে সহজ ও সূক্ষ্মভাবে তাপমাত্রা পরিমাপ করা যায়, তাকে উষ্ণতামিতি ধর্ম বলে এবং যে সকল পদার্থের উষ্ণতামিতি ধর্ম ব্যবহার করে থার্মোমিটার তৈরি করা হয় তাদেরকে উষ্ণতামিতিক পদার্থ বলে।

পারদ একটি উত্তম উষ্ণতামিতিক পদার্থ। পারদ থার্মোমিটার তৈরিতে পারদের প্রসারণকে উষ্ণতামিতি ধর্ম হিসেবে ব্যবহার করা হয়। তাপমাত্রা বাড়লে পারদের আয়তন বাড়ে বা প্রসারণ ঘটে। তাপমাত্রা কমলে আয়তন কমে। তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে পারদের আয়তন সুষমভাবে পরিবর্তিত হয়। এজন্য উষ্ণতামিতি পদার্থ হিসেবে পারদ ব্যবহার সুবিধাজনক।

গ আমরা জানি,
কার্ণো ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

বা, $\frac{1250}{500} = \frac{700}{T_2}$

বা, $T_2 = \frac{700 \times 500}{1250}$

$\therefore T_2 = 280$ K

এখানে,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 500$ K
তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপ,
$Q_1 = 1250$ J
তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = 700$ J
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

সুতরাং, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 280 K **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$\therefore$ দক্ষতা, $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$

$= \left(1 - \frac{280K}{500K}\right) \times 100\% = 44\%$

এখানে,
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 500$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 280$ K ['গ' হতে]
শোষিত তাপ, $Q_1 = 1250$ J
বর্জিত তাপ, Q2 = 700 J

এখন ধরি, ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপ Q_1' হলে ইঞ্জিনের দক্ষতা 20% বৃদ্ধি পাবে।

$\eta + 20\% = 1 - \frac{Q_2}{Q_1'}$

বা, $44\% + 20\% = 1 - \frac{Q_2}{Q_1'}$

বা, $64\% = 1 - \frac{Q_2}{Q_1'}$

বা, $\frac{64}{100} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1'}$

বা, $\frac{Q_2}{Q_1'} = 1 - \frac{64}{100}$

বা, $\frac{Q_2}{Q_1'} = \frac{36}{100}$

বা, $Q_1' = \frac{Q_2}{0.36}$

বা, $Q_1' = \frac{700 \text{ J}}{0.36} = 1944.44$ J

$\therefore$ ইঞ্জিনের দক্ষতা 20% বৃদ্ধি করতে হলে তাপ উৎসের তাপশ পরিবর্তন করতে হবে,

$\Delta Q = Q_1' - Q_1 = 1944.44 \text{ J} - 1250 \text{ J}$

$\therefore \Delta Q = 694.44$ J

আবার, ধরি, ইঞ্জিনের তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা Q_2' হলে ইঞ্জিনের দক্ষ 20% বৃদ্ধি পায়।

$\therefore \eta + 20\% = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$

বা, $44\% + 20\% = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$

বা, $\frac{64}{100} = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$

বা, $\frac{Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{64}{100}$

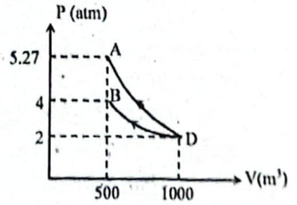
বা, $Q_2' = Q_2 \times 0.36 = 1250 \text{ J} \times 0.36 = 450$ J

$\therefore$ ইঞ্জিনের দক্ষতা 20% বৃদ্ধি করতে হলে তাপগ্রাহকের তাপশ পরিবর্তন করতে হবে,

$\Delta Q' = Q_2 - Q_2' = (700 - 450) \text{ J} = 250$

অতএব, উদ্দীপকের ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপশক্তি 694.44 J বৃ করে এবং তাপগ্রাহকের তাপশক্তি স্থির রেখে ইঞ্জিনের দক্ষতা 20 বৃদ্ধি করা সম্ভব। আবার ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপশক্তি স্থির এ তাপগ্রাহকের তাপশক্তি 250 J হ্রাস করেও ইঞ্জিনের দক্ষতা 20% বৃ করা সম্ভব। সুতরাং, উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধি করা সংক্র তথ্যটি সঠিক।

প্রশ্ন ▸ ২৫ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন ন



1atm = 10^5 Nm^{-2}
$\gamma = 1.4$
D বিন্দুতে তাপমাত্রা = 330 K

ক. তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ কী?
খ. রেডনের অর্ধায়ু 2.83 দিন বলতে কী বোঝ?
গ. DB সংকোচনে কৃতকাজের মান নির্ণয় করো।
ঘ. DB এবং DA পথে একই পরিমাণ সংকোচনে দুটি লেখের তাপমাত্রা এক নয় কেন? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ ও চৌম্বকক্ষেত্রের কম্পনের ফলে সঞ্চালিত শক্তিই হলো তড়ি চুম্বকীয় তরঙ্গ।

খ রেডনের অর্ধায়ু 2.83 দিন বলতে বোঝায় নির্দিষ্ট সংখ্যক রেডন পরমাণু ভেঙে ঠিক অর্ধেক হতে সময় লাগে 2.83 দিন। আরো 2.83 দিন পর ভেঙে হয় এক-চতুর্থাংশ। অর্থাৎ, 2.83 দিন পরে মোট অক্ষত রেডন পরমাণুর অর্ধেক স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভেঙে নতুন ও কম ভরের পরমাণুতে পরিণত হবে।

গ লেখচিত্র থেকে পাওয়া যায়, D বিন্দুতে চাপ, $P_D = P = 2$ atm

$= 2 \times 10^5 Nm^{-2}$

আয়তন, $V_D = 1000\ m^3$

এবং B বিন্দুতে চাপ, $P_B = 4$ atm

$= 4 \times 10^5\ Nm^{-2}$,

আয়তন, $V_B = 500\ m^3$

এখন, $P_D V_D = 2 \times 10^5 \times 1000 = 2 \times 10^8$ J

এবং $P_B V_B = 4 \times 10^5 \times 500 = 2 \times 10^8$ J

যেহেতু, $P_DV_D = P_BV_B$, তাই DB প্রক্রিয়াটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া।

DB সংকোচনে কৃতকাজের মান W হলে,

$$W = nRT \ln\frac{V_2}{V_1}$$

$$= 72896.4 \times 8.314 \times 330 \times \ln\frac{500}{1000}$$

$$= -1.386 \times 10^8 J \text{ (Ans.)}$$

[সিস্টেমের ওপর কাজ সম্পাদিত হওয়ায় কাজ ঋণাত্মক হবে]

এখানে,
D বিন্দুতে তাপমাত্রা, T = 330 K
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.314\ J\ mole^{-1}K^{-1}$
আদি আয়তন, $V_1 = V = 1000\ m^3$
শেষ আয়তন, $V_2 = 500\ m^3$
গ্যাসের মোলসংখ্যা,
$n = \frac{PV}{RT} = \frac{2 \times 10^5 \times 1000}{8.314 \times 330}$
= 72896.4 mole

ঘ 'গ' থেকে আমরা পাই, DB পথের ক্ষেত্রে $P_DV_D = P_BV_B$। তাই এটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া। এজন্য D বিন্দুর ও B বিন্দুর তাপমাত্রা একই হবে এবং এর মান হবে 330 K।

আবার, P বনাম V লেখ থেকে দেখা যায়, DA পথের ক্ষেত্রে লেখচিত্রের ঢাল DB পথের লেখচিত্রের ক্ষেত্রে বেশি খাড়া। তাই DA পথের প্রক্রিয়াটি রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া। এবং DA পথে রুদ্ধতাপীয় সংকোচন বোঝায়।

A বিন্দুর তাপমাত্রা T_2 হলে, আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$$T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$$

$$বা, T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = T_2$$

$$বা, T_2 = 330\left(\frac{1000}{500}\right)^{1.4-1}$$

$$= 330 \times (2)^{0.4}$$

$$= 435.44K$$

এখানে,
D বিন্দুর তাপমাত্রা, $T_1 = 330$ K
D বিন্দু আয়তন, $V_1 = 1000\ m^3$
A বিন্দু আয়তন, $V_2 = 500\ m^3$
$\gamma = 1.4$

দেখা যাচ্ছে, $T_2 > T_1$। অর্থাৎ, DA পথে রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেয়েছে। এর কারণ, রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে পরিবেশ সিস্টেমের উপর কাজ করে, ফলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়। এর জন্য তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

তাই বলা যায়, DB ও DA পথে একই পরিমাণ সংকোচনে (উভয় ক্ষেত্রে আয়তন অর্ধেক হলেও) দুটি লেখের জন্য তাপমাত্রা এক নয়। কারণ, DB সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার লেখ ও DA রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার লেখ নির্দেশ করে।

প্রশ্ন ▶ ২৬

রাজশাহী বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ১

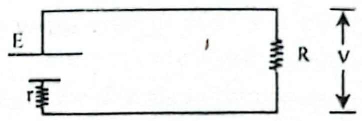
আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে একটি সিলিন্ডারে এক মোল হিলিয়াম গ্যাস রাখা আছে। পরবর্তীতে উক্ত হিলিয়ামের আয়তন প্রথমে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় এবং পরে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় 1.5 গুণ করা হলো।

ক. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র বিবৃত করো। ১
খ. প্রান্তীয় বিভব বর্তনীর তড়িচ্চালক বল অপেক্ষা ছোট হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসটির চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুযায়ী কোন প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পন্ন হয়েছে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে বুঝিয়ে দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তরিত করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক হয়।

খ



উপরের বর্তনীটি লক্ষ করি। এখানে কোষের তড়িচ্চালক বল E, অভ্যন্তরীণ রোধ r, বহিঃস্থ রোধ R এবং এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য = V।

তড়িৎপ্রবাহ I হলে, $I = \frac{E}{R + r}$ বা, $E = IR + Ir$; যা শক্তির সংরক্ষণ নীতি নির্দেশ করে।

এখানে, IR = বহিঃস্থ রোধের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য, V

$r \neq 0$ হলে $E > V$ হবে; তবে $r = 0$ হলে $E = V$

অর্থাৎ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ থাকার কারণেই প্রান্তীয় বিভব বর্তনীর তড়িচ্চালক বল অপেক্ষা ছোট হয়।

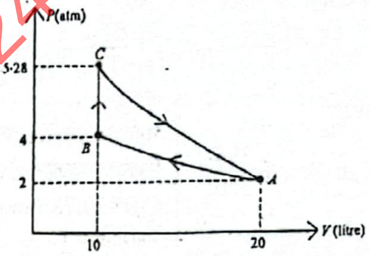
গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 51483.2325 Pa।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W_1 = 920.29$ J; রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W_2 = 805.84$ J অর্থাৎ, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পন্ন হয়েছে।

প্রশ্ন ▶ ২৭

দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ১



চিত্রে P – V লেখচিত্র দ্বারা একটি চক্রীয় প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

এখানে, A বিন্দুতে তাপমাত্রা = 300 K

স্থির আয়তনে মোলার আঃতাপ = $20.78\ Jmol^{-1}K^{-1}$

মোল সংখ্যা = 1.6

$\gamma = 1.4$ এবং 1 atm = $10^5\ Nm^{-2}$

ক. অন্তঃস্থ শক্তির সংজ্ঞা দাও। ১
খ. কার্ণোর ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহক বস্তু পরিবর্তন করলে ঐ ইঞ্জিনের দক্ষতার কোনরূপ পরিবর্তন হবে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. AB পথে কৃতকাজের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের চক্রীয় প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির পরিবর্তন শূন্য হবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন সবা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিকে অন্তঃস্থ শক্তি বলে।

খ আমরা জানি, কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100\%$। দক্ষতার সমীকরণ থেকে দেখা যায়, ইঞ্জিনের দক্ষতা কেবল তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা T_1 ও T_2 এর ওপর নির্ভর করে। কার্যনির্বাহী বস্তুর প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে না। এজন্য, কার্ণোর ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহক বস্তু পরিবর্তন করলে ঐ ইঞ্জিনের দক্ষতার কোনোরূপ পরিবর্তন হবে না।

গ ২৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** – 2764.82 J।

ঘ চিত্রে প্রদর্শিত P–V লেখচিত্রে A → B → C → A চক্রীয় প্রক্রিয়ায় A → B সমোষ্ণ (সংকোচন) প্রক্রিয়া, B → C সমআয়তন প্রক্রিয়া, C → A রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ প্রক্রিয়া।

আমরা জানি, তাপ গতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুসারে,

$dQ = dU + dW$

এখানে, dQ হলো তাপের পরিবর্তন, dU হলো অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ও dW হলো কৃতকাজের পরিবর্তন

(i) (A → B) (সমোষ্ণ সংকোচন): আমরা জানি, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায়, $dU = 0$

$\therefore dQ = dW$

'গ' থেকে পাই, AB পথে কৃতকাজ $dW = -2764.82$ J

এখন, AB পথে এনট্রপির পরিবর্তন S_1 হলে

$$dS_1 = \frac{dQ}{T} = \frac{-2764.82}{300}$$
$$= -9.216\ JK^{-1}$$

এখানে,
$dQ = dW = -2764.82$ J
তাপমাত্রা, $T = 300$ K

(ii) (B → C) (সমআয়তন প্রক্রিয়া): আমরা জানি, সমআয়তন প্রক্রিয়ায়, $dW = 0 \therefore dQ = dU$

C বিন্দুর তাপমাত্রা T_2 হলে, $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

বা, $\frac{4}{300} = \frac{5.28}{T_2}$

বা, $T_2 = \frac{5.28 \times 300}{4} = 396$ K

আবার, $dU = nC_VdT$

$\therefore$ BC পথে, $dQ = nC_VdT$

এখানে,
B বিন্দুতে চাপ, $P_1 = 4$atm
তাপমাত্রা, $T_1 = 300$ K
C বিন্দুতে চাপ, $P_2 = 5.28$ atm
তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

এখন, BC পথে এনট্রপির পরিবর্তন S_2 হলে,

$$\Delta S_2 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{nC_VdT}{T} = nC_V \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = nC_V \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\therefore \Delta S_2 = nC_V \ln \frac{T_2}{T_1}$$
$$= 1.6 \times 20.78 \times \ln \frac{396}{300}$$
$$= 9.23\ JK^{-1}$$

এখানে,
গ্যাসের মোল সংখ্যা, $n = 1.6$
স্থির আয়তনে মোলার আঃ তাপ,
$C_V = 20.78\ J\,mol^{-1}K^{-1}$
$T_1 = 300$ K, $T_2 = 396$ K

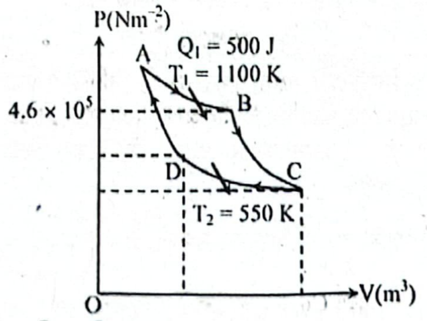
(iii) (C → A) (রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া)ঃ আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে কোনো তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোনো তাপ সিস্টেমে আসে না। তাই $dQ = 0$, এজন্য CA পথে এনট্রপির পরিবর্তন, $dS_3 = 0$

চক্রীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন, $dS = dS_1 + \Delta S_2 + dS_3$
$$= (-9.216 + 9.23 + 0)\ JK^{-1}$$
$$= 0.014\ JK^{-1} \approx 0\ JK^{-1}$$

সুতরাং, উদ্দীপকের চক্রীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন প্রায় শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৮ **কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১**

নিচের চিত্রে কার্ণো ইঞ্জিনের কার্যকরী পদার্থের চারটি ধাপ দেখানো হলো—



ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কাকে বলে? ১
খ. জগতের এনট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. C বিন্দুতে চাপ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. প্রতিটি ধাপে এনট্রপি হিসাব করে ইঞ্জিনটির প্রত্যাগামিতা কি যাচাই করা সম্ভব? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক তোমার মতামত দাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন বা রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।

খ প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থায় থাকতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায়, ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়। সাম্যাবস্থায় পৌছালে সিস্টেম থেকে আর কোনো কাজই পাওয়া যাবে না। সিস্টেমের এই শক্তির রূপান্তর অক্ষমতা বা অসম্ভাব্যতাই হচ্ছে এনট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায়, তাদের এনট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এনট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। অর্থাৎ, যখন কোনো সিস্টেম থেকে আর কাজ পাওয়া যায় না, তখন তার এনট্রপি হয় সর্বোচ্চ। আমরা জানি, সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন সর্বদা সাম্যাবস্থার দিকে পরিচালিত হয়। সুতরাং, সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনেই এনট্রপি বৃদ্ধি পায়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চায়, তাই বলা যায় যে, জগতের এনট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে।

গ চিত্রে, P–V লেখ থেকে আমরা দেখতে পাই যে, BC প্রক্রিয়া রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।

আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে,

$$T_1P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

বা, $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

বা, $\frac{1100}{550} = \left(\frac{P_2}{4.6 \times 10^5}\right)^{\frac{1-1.4}{1.4}}$

এখানে,
B বিন্দুতে চাপ,
$P_1 = 4.6 \times 10^5\ Nm^{-2}$
B বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_1 = 1100$ K
C বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_2 = 550$ K
C বিন্দুতে চাপ, $P_2 = ?$
$\gamma = 1.4$ (ধরে নিয়ে)

বা, $2 = \left(\frac{P_2}{4.6 \times 10^5}\right)^{-\frac{2}{7}} = \left(\frac{4.6 \times 10^5}{P_2}\right)^{\frac{2}{7}}$

বা, $(2)^{\frac{7}{2}} = \frac{4.6 \times 10^5}{P_2}$

বা, $11.3137 = \frac{4.6 \times 10^5}{P_2}$

বা, $P_2 = \frac{4.6 \times 10^5}{11.3137} = 4.0658 \times 10^4\ Nm^{-2}$ **(Ans.)**

ঘ

আমরা জানি,

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায়, $dS = \frac{Q}{T}$

$\therefore$ প্রথম ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_1 = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{500}{1100}$$
$$= 0.45\ JK^{-1}$$

এখানে,
উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 1100$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 550$ K
উৎসের তাপ, $Q_1 = 500$ J

যেহেতু চক্রের দ্বিতীয় ও চতুর্থ ধাপ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার মধ্য দিয়ে যায় তাই এক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন, $dS_2 = dS_4 = 0\ JK^{-1}$

$\therefore$ তৃতীয় ধাপে বর্জিত তাপ Q_2 হলে,

$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$

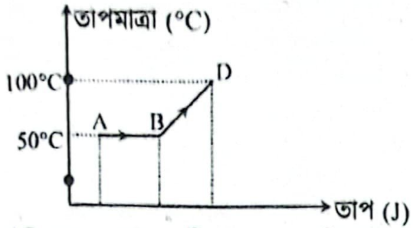
বা, $Q_2 = \frac{Q_1 \times T_2}{T_1} = \frac{500 \times 550}{1100} = 250$ J

$\therefore$ তৃতীয় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন, $dS_3 = \frac{-Q_2}{T_2} = -\frac{250}{550}$
$$= -0.45\ JK^{-1}$$

$\therefore$ পূর্ণ চক্রের জন্য এনট্রপির পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2 + dS_3 + dS_4$
$$= 0.45 + 0 - 0.45 + 0 = 0\ JK^{-1}$$

$\because$ পূর্ণ চক্রের এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য। প্রতিটি ধাপে এনট্রপি হিসাব করে ইঞ্জিনটির প্রত্যাগামিতা যাচাই করা সম্ভব এবং ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামি।

প্রশ্ন ▶ ২৯ **কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮**



চিত্রে 1 gm পানি তরল হতে বাষ্পীভূত হবার দুটি স্তর দেয়া আছে। D বিন্দুতে বাষ্পের আয়তন 1700 cc। (পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 $Jkg^{-1}K^{-1}$)।

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি লিখো। ১
খ. কার্নোর ইঞ্জিনে দ্বিতীয় ধাপে তাপমাত্রার হ্রাস ঘটে কেন? ২
গ. AB পথে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. BD পথে অন্তঃস্থ শক্তি নির্ণয় করা সম্ভব— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ কার্নোর ইঞ্জিনে দ্বিতীয় ধাপে গ্যাসের রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ ঘটে। এ ধাপে সিলিন্ডারকে তাপ অন্তরক আসনের ওপর বসানো হয় এবং আবদ্ধ গ্যাসের আয়তন হঠাৎ করে বৃদ্ধি পায়। রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের সময় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজ সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি দ্বারা সম্পাদিত হয় বলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি হ্রাস পায় তথা তাপমাত্রা হ্রাস পায়। এজন্য কার্নোর ইঞ্জিনে দ্বিতীয় ধাপে তাপমাত্রার হ্রাস ঘটে।

গ AB পথে তাপমাত্রা একই থাকায় এটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া।
আমরা জানি,
$dQ = dU + dW$
এখানে, dQ হলো তাপের পরিবর্তন, dU হলো অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ও dW হলো কৃতকাজের পরিবর্তন।
সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় $dU = 0$
∴ AB পথে গৃহীত তাপ, $dQ = dW = ml_v$
AB পথে এনট্রপির পরিবর্তন dS হলে,

$$dS = \frac{dQ}{T} = \frac{ml_v}{T} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 2.268 \times 10^6}{323} = 7.021\ JK^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
তাপমাত্রা,
$T = 50°C$
$= 50 + 273$
$= 323K$
AB পথে গৃহীত তাপ
$dQ = dW = \frac{ml_v}{T}$
পানির ভর, $m = 1$ gm
$l_v = 2.268 \times 10^6$

ঘ উদ্দীপকে 1 gm পানি 50°C তাপমাত্রার তরল থেকে 100°C তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত হচ্ছে। এটি একটি সমচাপীয় প্রক্রিয়া।
B বিন্দুতে বাষ্পের আয়তন V_1 হলে

আমরা জানি, $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
বা, $\frac{V_1}{323} = \frac{1700}{373}$
বা, $V_1 = \frac{1700 \times 323}{373}$
∴ $V_1 = 1472.12$ cc

এখানে,
B বিন্দুর তাপমাত্রা, $T_1 = 50°C$
$= (273 + 50)\ K = 323\ K$
D বিন্দুর তাপমাত্রা, $T_2 = 100°C$
$= (273 + 100)\ K = 373\ K$
D বিন্দুতে আয়তন,
$V_2 = 1700$ cc

আয়তনের পরিবর্তন, $\Delta V = V_2 - V_1 = (1700 - 1472.12)$ cc
$= 227.88\ cm^3$
$= 227.88 \times 10^{-6}\ m^3$

বাষ্পকে 50°C তাপমাত্রা থেকে 100°C তাপমাত্রায় নিতে সিস্টেম কর্তৃক কৃতকাজ dW হলে,

$dW = P\Delta V$
$= (10^5 \times 227.88 \times 10^{-6})\ m^3$
$= 22.788\ J$

এখানে,
চাপ, $P = 1$ atm (ধরে নিয়ে)
$= 10^5$ Pa
$\Delta V = 227.88 \times 10^{-6}\ m^3$

আমরা জানি,
H_2O গ্যাস বা বাষ্প হলো একটি অরৈখিক বহু পারমাণবিক গ্যাস।
সুতরাং H_2O গ্যাসের জন্য $\gamma = 1.33$
আবার, $\frac{C_P}{C_V} = \gamma$
বা, $\frac{C_P}{C_P - R} = 1.33$
বা, $C_P = 1.33\ C_P - 1.33\ R$
বা, $0.33\ C_P = 1.33\ R$
∴ $C_P = \frac{1.33 \times 8.314}{0.33} = 33.51\ J\ mol^{-}\ K^{-1}$

এখানে,
মোলসংখ্যা $n = \frac{W}{M}$
$= \frac{1}{18}$ mole
$= 0.056$ mole
তাপমাত্রার পার্থক্য
$dT = (100 - 50) = 50°C$

এখন, 50°C তাপমাত্রার 1 gm বাষ্পকে (H_2O) কে 100°C তাপমাত্রায় নিতে শোষিত তাপ, $dQ = nC_PdT = 0.056 \times 33.51 \times 50 = 93.08J$
BD পথে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন dU হলে,
তাপ গতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুসারে,
$dQ = dU + dW$
বা, $dU = dQ - dW = (93.08 - 22.788)\ J = 70.30\ J$
সুতরাং, BD পথে অন্তঃস্থ শক্তি নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৩০ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ১**

তাপ সুপরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থের তৈরি দুটি ঘর্ষণহীন পিস্টনযুক্ত সিলিন্ডারে 3×10^5 Pa চাপে ও 750 K তাপমাত্রায় 1 mol নাইট্রোজেন গ্যাস আছে। অতঃপর উভয় সিলিন্ডারে চাপের পরিমাণ অর্ধেক করা হলো। নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রে $\gamma = 1.4$ এবং $R = 8.31\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$।

ক. পানির ত্রৈধ বিন্দু কাকে বলে? ১
খ. $C_V < C_P$ কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. অপরিবাহী সিলিন্ডারের চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সিলিন্ডারের মধ্যে কৃতকাজের তুলনা করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট চাপে বিশুদ্ধ বরফ, বিশুদ্ধ পানি এবং সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প তাপীয় সাম্যাবস্থায় সহাবস্থান করে তাকে পানির ত্রৈধ বিন্দু বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।
স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।
∴ $C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_V, C_P এর চেয়ে কম হয় বা, $C_V < C_P$ হয়।

গ যেহেতু সিলিন্ডারটি অপরিবাহী পদার্থ দিয়ে তৈরি, সেহেতু রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়েছে।

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,
$$T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

এখানে,
আদি চাপ, $P_1 = 3 \times 10^5$ Pa
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 750$ K

বা, $T_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \times T_1$

বা, $T_2 = \left(\frac{P_1}{\frac{P_1}{2}}\right)^{\frac{1-1.4}{1.4}} \times 750$

$\therefore T_2 = 615.25$ K **(Ans.)**

শেষ চাপ, $P_2 = \frac{P_1}{2}$
$\gamma = 1.4$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

ঘ এখানে, উভয় গ্যাসের আদি চাপ, $P_0 = 3 \times 10^5$ Pa
আদি তাপমাত্রা, $T_0 = 750$ K
মোল সংখ্যা, n = 1 mole
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.31$ Jmol^{-1} K^{-1}
উভয় গ্যাসের শেষ চাপ, $P = \frac{P_0}{2}$

তাপ সুপরিবাহী সিলিন্ডারে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ঘটে। তাই শেষ তাপমাত্রা, $T_0 = 750$ K

অপরিবাহী সিলিন্ডারে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া ঘটে। তাই শেষ তাপমাত্রা,

$T = 615.25$ K ['গ' হতে]

তাপ সুপরিবাহী সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে কৃতকাজ, $W_1 = nRT_0 ln\left(\frac{V}{V_0}\right)$

$$= nRT_0 ln\left(\frac{P_0}{P}\right) \quad [\because PV = \text{ধ্রুবক}]$$

$$= 1 \times 8.31 \times 750 \times ln\left(\frac{P_0}{\frac{P_0}{2}}\right) = 4320 \text{ J}$$

অপরিবাহী সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে কৃতকাজ, $W_2 = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_0 - T)$

$[\because dW = -dU]$

$$= \frac{1 \times 8.31}{1.4 - 1} \times (750 - 615.25)$$

$$= 2800 \text{ J}$$

$\therefore W_1 > W_2$, অর্থাৎ তাপ সুপরিবাহী সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে কৃতকাজ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩১ সিলেট বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ১

একজন ফুটবলার অনুশীলন করার সময় হঠাৎ লক্ষ করলো যে, ফুটবলটি ফেটে বাতাস বের হচ্ছে। সে আরও লক্ষ করলো যে, ফুটবল থেকে যে বাতাস বের হচ্ছে তা পারিপার্শ্বিকের তুলনায় উষ্ণ। ফুটবলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুর তাপমাত্রা 27°C, বায়ুর চাপ 2 atm, বায়ুর আয়তন 1 m^3 এবং $\gamma = 1.4$ ছিল।

ক. এন্ট্রপি কী? ১
খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসকে সংনমিত করলে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ফুটবল থেকে নির্গত বায়ুর চূড়ান্ত আয়তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ফুটবলের ভিতর থেকে নির্গত বাতাস পারিপার্শ্বিকের তুলনায় গরম হওয়ার কারণ কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণপূর্বক ব্যাখ্যা করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাই এন্ট্রপি।

খ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসকে সংনমিত করলে বাইরে থেকে শক্তি সরবরাহ করে সিস্টেমের উপর কাজ সম্পাদন করতে হয়। ফলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পায়। আর সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধির সাথে সাথে সিস্টেমের তাপমাত্রাও বৃদ্ধি পায়। এই কারণে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসকে সংনমিত করলে এর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ উদ্দীপকে ফুটবলটি ফেটে বাতাস বের হবার প্রক্রিয়াটি হলো রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।

আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক

$P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma$

বা, $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma$

বা, $\frac{2}{1} = \left(\frac{V_2}{1}\right)^{1.4}$

বা, $2 = (V_2)^{1.4}$

বা, $2^{\frac{1}{1.4}} = V_2$

এখানে,
ফুটবলের ভেতরে বায়ুর চাপ, $P_1 = 2$ atm
ফুটবলের বাইরে বায়ুর চাপ,
P_2 = বাতাসের স্বাভাবিক চাপ = 1 atm
ফুটবলের ভেতরে বায়ুর আয়তন, $V_1 = 1$ m^3
ফুটবল থেকে নির্গত বায়ুর চূড়ান্ত আয়তন
$V_2 = ?$
$\gamma = 1.4$

$\therefore V_2 = 1.641$ m^3 **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকে ফুটবল ফেটে বাতাস বের হবার প্রক্রিয়াটি হলো রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া।

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা ও চাপের মধ্যে সম্পর্ক হতে পাই,

$T_1P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

বা, $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \frac{T_2}{T_1}$

বা, $\left(\frac{2}{1}\right)^{\frac{1-1.4}{1.4}} = \frac{T_2}{300}$

বা, $\left(2^{\frac{-0.4}{1.4}}\right) \times 300 = T_2$

$\therefore T_2 = 246.1$ K

এখানে,
ফুটবলের ভেতরে বায়ুর চাপ, $P_1 = 2$ atm
ফুটবলের বাইরে বায়ুর চাপ, $P_2 = 1$ atm
ফুটবলের ভেতরে বায়ুর তাপমাত্রা,
$T_1 = 27°C = (273 + 27)$ K $= 300$ K
ফুটবলের বাইরে বায়ুর তাপমাত্রা, $T_2 = ?$
$\gamma = 1.4$

দেখা যাচ্ছে, $T_2 < T_1$, যেহেতু ফুটবলের ভিতরে বায়ুর তাপমাত্রা বেশি ও বাইরে কম, এজন্য ফুটবলের ভিতর থেকে নির্গত বাতাস পারিপার্শ্বিকের তুলনায় গরম হয়।

প্রশ্ন ▶ ৩২ সিলেট বোর্ড ২০২২ | প্রশ্ন নং ২

দু'টি তাপ ইঞ্জিন 400 K এবং 800 K তাপমাত্রার ব্যবধানে কার্যকর। ইঞ্জিন দু'টিতে ব্যবহৃত জ্বালানীর আঃ তাপ যথাক্রমে 2000 Jkg^{-1}K^{-1} এবং 1500 Jkg^{-1}K^{-1}। ইঞ্জিন দু'টিতে 10 gm ভরের ভিন্ন কার্যকর পদার্থ ব্যবহার করা হয়েছে।

ক. ত্রৈধ বিন্দু কাকে বলে? ১
খ. "এন্ট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক"— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম ইঞ্জিনটির দক্ষতা 10% বাড়াতে হলে উৎসের তাপমাত্রা কত বাড়াতে হবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কোন ইঞ্জিনটি বেশি পরিবেশবান্ধব হবে? তোমার মতামত গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি নির্দিষ্ট চাপে যে তাপমাত্রায় কোন পদার্থ কঠিন, তরল ও বায়বীয় রূপে সাম্যাবস্থায় থাকে, তাকে ঐ পদার্থের ত্রৈধ বিন্দু বলে।

খ ধরা যাক A ও B এর তাপমাত্রা যথাক্রমে T_1 ও T_2 এবং $T_1 > T_2$। A ও B এর মধ্যে সংযোগ স্থাপিত হলে A থেকে B তে তাপ সঞ্চালিত হবে। A হতে B তে Q পরিমাণ তাপ সঞ্চালিত হলে, A এর এন্ট্রপির পরিবর্তন $\Delta S_1 = -\frac{Q}{T_1}$ এবং B এর এন্ট্রপির পরিবর্তন $\Delta S_2 = \frac{Q}{T_2}$

সুতরাং সিস্টেমটির এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন,

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1}$$

যেহেতু $T_1 > T_2$ সেহেতু ΔS একটি ধনাত্মক রাশি। অর্থাৎ, এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেয়েছে। যেহেতু তাপ সর্বদা উষ্ণ বস্তু থেকে শীতল বস্তুতে সঞ্চালিত হয় সেহেতু এন্ট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ এন্ট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক।

গ

১ম ইঞ্জিনের দক্ষতা η হলে,
আমরা জানি,

$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{400}{800}$

$\therefore \eta = 0.5 = 50\%$

এখানে,
১ম ইঞ্জিনের,
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 800$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 400$ K

দক্ষতা 10% বৃদ্ধি করলে নতুন দক্ষতা, $\eta' = 50\% + 10\% = 60\%$
ধরি, পরিবর্তিত উৎসের তাপমাত্রা $= T_1'$

সুতরাং, $\eta' = \dfrac{T_1' - T_2}{T_1'}$

বা, $0.6 = \dfrac{T_1' - 400}{T_1'}$

বা, $0.6\,T_1' = T_1' - 400$

বা, $0.4\,T_1' = 400$

বা, $T_1' = \dfrac{400}{0.4} = 1000$ K

∴ তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে $T_1' - T_1 = (1000 - 800)$ K = 200 K **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের যে ইঞ্জিনের এনট্রপির পরিবর্তন কম সেটাই বেশি পরিবেশ বান্ধব হবে।

আমরা জানি,
১ম ইঞ্জিনটি 0.01 kg ভরের কার্যকর বস্তুকে বা জ্বালানিকে $T_1 = 800$ K তাপমাত্রা থেকে $T_2 = 400$ K তাপমাত্রায় রূপান্তর করে। এক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন dS_A হলে,

$$dS_A = ms_A \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 0.01 \times 2000 \times \ln\frac{400}{800}$$
$$= -13.86\ \text{JK}^{-1}$$

এখানে,
১ম ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 800$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 400$ K
কার্যকর বস্তুর ভর, m = 10 gm = 0.01 kg
জ্বালানির আপেক্ষিক তাপ,
$s_A = 2000\ \text{Jkg}^{-1}\,\text{K}^{-1}$

∴ $|dS_A| = |-13.86| = 13.86\ \text{JK}^{-1}$

২য় ইঞ্জিনটি 0.01 kg ভরের জ্বালানিকে T_1 K তাপমাত্রা থেকে T_2 K তাপমাত্রায় রূপান্তর করে, এক্ষেত্রে এনট্রপির পরিবর্তন dS_B হলে,

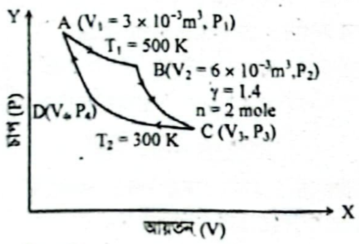
$$dS_B = ms_B \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 0.01 \times 1500 \times \ln\frac{400}{800} = -10.4\ \text{JK}^{-1}$$

এখানে,
আবার, ২য় ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 800$ K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 400$ K
কার্যকর বস্তুর ভর, m = 10 gm = 0.01 kg
জ্বালানির আপেক্ষিক তাপ,
$s_B = 1500\ \text{Jkg}^{-1}\,\text{K}^{-1}$

$|dS_B| = |-10.4| = 10.4\ \text{JK}^{-1}$
দেখা যাচ্ছে, $|dS_B| < |dS_A|$
যেহেতু ২য় ইঞ্জিনের এনট্রপির পরিবর্তন ১ম ইঞ্জিনের চেয়ে কম এজন্য ২য় ইঞ্জিনটি বেশি পরিবেশবান্ধব হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ যশোর বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ১

নিচের P – V নির্দেশক চিত্রে একটি কার্ণোর চক্রে কার্যকর পদার্থ দ্বারা সম্পাদিত কাজ দেখানো হলো:



ক. অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. বিশ্বজগৎ ক্রমে ক্রমে তাপীয় মৃত্যুর দিকে এগিয়ে চলছে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. C বিন্দুতে আয়তন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. AB এবং BC পর্যায়ে কৃতকাজ সমান কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না অর্থাৎ সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতিস্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীতমুখী হয় না তাকে অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ প্রকৃতিতে সর্বদাই উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে তাপ সঞ্চালিত হচ্ছে। ফলে সর্বদাই বিশ্বের এন্ট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ছে। এভাবে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে হয়তো এমন এক সময় আসবে যখন এন্ট্রপির মান সর্বোচ্চে পৌছাবে এবং সকল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হবে। ফলে তাপ থাকবে ঠিকই, কিন্তু কাজ করার মতো কোনো শক্তিই আর পাওয়া যাবে না। এ অবস্থাকে বিজ্ঞানী কেলভিন বিশ্বের তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করেছেন। তাই বলা যায় যে, বিশ্বজগৎ ক্রমে ক্রমে তাপীয় মৃত্যুর দিকে এগিয়ে চলছে।

গ BC রেখাটি রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া নির্দেশ করায় আমরা পাই, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ও আয়তনের সম্পর্ক–

$$T_1V_2^{\gamma-1} = T_2V_3^{\gamma-1}$$

বা, $\dfrac{T_1}{T_2} = \dfrac{V_3^{\gamma-1}}{V_2^{\gamma-1}}$

বা, $\left(\dfrac{T_1}{T_2}\right) = \left(\dfrac{V_3}{V_2}\right)^{\gamma-1}$

বা, $\left(\dfrac{500}{300}\right) = \left(\dfrac{V_3}{6\times10^{-3}}\right)^{1.4-1}$

বা, $\left(\dfrac{500}{300}\right) = \left(\dfrac{V_3}{6\times10^{-3}}\right)^{0.4}$

বা, $\left(\dfrac{500}{300}\right)^{\frac{1}{0.4}} = \dfrac{V_3}{6\times10^{-3}}$

∴ $V_3 = \left(\dfrac{500}{300}\right)^{\frac{1}{0.4}} \times 6\times10^{-3} = 21.52\times10^{-3}\ \text{m}^3$

এখানে,
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 500$ K
আদি আয়তন, $V_2 = 6\times10^{-3}\ \text{m}^3$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 300$ K
C বিন্দুতে আয়তন, $V_3 = ?$
$\gamma = 1.4$

∴ C বিন্দুতে আয়তন $21.52\times10^{-3}\ \text{m}^3$ **(Ans.)**

ঘ AB অংশটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া হওয়ায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ W_1 হলে,

$$W_1 = nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$
$$= 2\times8.31\times500\times\ln\left(\frac{6\times10^{-3}}{3\times10^{-3}}\right)$$
$$= 5760.05\ \text{J}$$

এখানে,
AB পর্যায়ে আদি আয়তন,
$V_1 = 3\times10^{-3}\ \text{m}^3$
মোলসংখ্যা, n = 2 mol
তাপমাত্রা, $T_1 = 500$ K
চূড়ান্ত আয়তন,
$V_2 = 6\times10^{-3}\ \text{m}^3$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31\ \text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

BC অংশ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া হওয়ায় রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ W_2 হলে,

$$W_2 = \frac{nR}{\gamma-1}(T_1 - T_2)$$
$$= \frac{2\times8.31}{1.4-1}\times(500-300) = 8310\ \text{J}$$

এখানে,
BC পর্যায়ে মোলসংখ্যা,
n = 2 mol
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 500$ K
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 300$ K
$\gamma = 1.4$

∴ $W_1 < W_2$, অর্থাৎ AB এবং BC পর্যায়ে কৃতকাজ সমান হবে না। BC পর্যায়ে কৃতকাজের পরিমাণ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ যশোর বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ২

সিয়াম 1 kg বরফকে – 10°C তাপমাত্রা হতে 30°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করে। সামির 30°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করে। সিয়াম দাবি করলো তার প্রক্রিয়াটি বেশি শৃঙ্খল।

$S_w = 4200\ \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, $L_f = 3.36\times10^5\ \text{Jkg}^{-1}$
$S_{ice} = 2100\ \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ এবং $L_v = 2.26\times10^6\ \text{Jkg}^{-1}$

ক. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ এবং সংকোচনে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সামিরের প্রক্রিয়ায় মোট প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সিয়ামের দাবি সঠিক কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তরিত করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক হয়।

খ যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেম থেকে তাপ বাইরে যায় না বা বাইরে থেকে কোন তাপ সিস্টেমে প্রবেশ করে না তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে। যেহেতু রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে কোন তাপ প্রবেশ করতে পারে না বা সিস্টেম থেকে কোন তাপ বেরিয়ে যেতে পারে না, সুতরাং, $dQ = 0$। অতএব, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র থেকে আমরা পাই,

$$dQ = 0 = dU + dW$$

$$\therefore dW = -dU$$

রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের সময় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজ (dW) সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি (dU) দ্বারা সম্পাদিত হয় বলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি তথা তাপমাত্রা হ্রাস পায় অর্থাৎ সিস্টেম শীতল হয়। পক্ষান্তরে রুদ্ধতাপীয় সংকোচনের সময় উল্টো ঘটনা ঘটে এবং সিস্টেম গরম হয়।

অর্থাৎ রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ঋণাত্মক ও রুদ্ধতাপীয় সংকোচণে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ধনাত্মক হয়।

গ 30°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$Q_1 = ms\Delta\theta$$
$$= 1 \times 4200 \times (100-30)$$
$$= 294000 \text{ J}$$

এখানে,
পানির ভর, $m = 1$ kg
পানির আপেক্ষিক তাপ, $s = 4200 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $l_v = 2268000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$
মোট প্রয়োজনীয় তাপ, Q = ?

100°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$Q_2 = ml_v = 1 \times 2268000 = 2268000 \text{ J}$$

$\therefore$ মোট প্রয়োজনীয় তাপ, $Q = Q_1 + Q_2$

$$= 294000 \text{ J} + 2268000 \text{ J} = 2562000 \text{ J}$$ **(Ans.)**

ঘ কোনো প্রক্রিয়ার বিশৃঙ্খলার মাত্রা নির্ধারিত হয় এনট্রপির পরিবর্তনের দ্বারা। এনট্রপির পরিবর্তন বেশি হলে বিশৃঙ্খলার মাত্রা বেশি হয়। পক্ষান্তরে, এনট্রপির পরিবর্তন কম হলে প্রক্রিয়াটি বেশি শৃঙ্খল হয়।

সিয়ামের ক্ষেত্রেঃ

1 kg বরফকে – 10°C তাপমাত্রা থেকে 0°C তাপমাত্রায় পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন dS_1 হলে,

$$dS_1 = \int_{T_1}^{T_2}\frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2}\frac{mS_{ice}dT}{T} = mS_{ice}\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T}$$
$$= mS_{ice}\ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 1 \times 2100 \times \ln\left(\frac{273}{263}\right)$$
$$= 78.3673 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে,
বরফের ভর, m = 1 kg
বরফের আপেক্ষিক তাপ, $S_{ice} = 2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = -10°C$
$= (273 - 10) \text{ K} = 263 \text{ K}$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 0°C$
$= (273 + 0) \text{ K} = 273 \text{ K}$

0°C তাপমাত্রার 1 kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার 1 kg পানিতে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন dS_2 হলে,

$$dS_2 = \frac{dQ}{T} = \frac{mL_f}{T}$$
$$= \frac{1 \times 3.36 \times 10^5}{273}$$
$$= 1230.769 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে,
ভর, m = 1 kg
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_f = 3.36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$
তাপমাত্রা, $T = 0°C = (273 + 0)$ K
= 273 K

0°C তাপমাত্রার 1kg পানিকে 30°C তাপমাত্রার 1kg পানিতে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন dS_3 হলে,

$$dS_3 = \int_{T_1}^{T_2}\frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2}\frac{mS_w dT}{T} = mS_w\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T}$$
$$= mS_w \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 1 \times 4200 \times \ln\left(\frac{303}{273}\right)$$
$$= 437.896 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে,
ভর, m = 1 kg
পানির আপেক্ষিক তাপ, $S_W = 4200 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 0°C$
$= (273 + 0) \text{ K} = 273 \text{ K}$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 30°C$
$= (273 + 30) = 303 \text{ K}$

সিয়ামের প্রক্রিয়ায় এনট্রপির মোট পরিবর্তন,

$$dS = dS_1 + dS_2 + dS_3 = (78.3673 + 1230.769 + 437.896) \text{ JK}^{-1}$$
$$= 1747.033 \text{ JK}^{-1}$$

সামিরের ক্ষেত্রেঃ

30°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার 1kg পানিতে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন dS_1' হলে,

$$dS_1' = \int_{T_1}^{T_2}\frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2}\frac{mS_w dT}{T} = mS_w\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T}$$
$$= mS_w \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 1 \times 4200 \times \ln\left(\frac{373}{303}\right)$$
$$= 872.95 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে,
ভর, m = 1 kg
পানির আপেক্ষিক তাপ, $S_W = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{k}^{-1}$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 30°C$
$= (273 + 30) \text{ K} = 303 \text{ K}$
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = 100°C$
$= (273 + 100) \text{ K} = 373 \text{ K}$

100°C তাপমাত্রার 1kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার 1kg বাষ্পে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন dS_2' হলে,

$$dS_2' = \frac{dQ}{T} = \frac{mL_v}{T}$$
$$= \frac{1 \times 2.26 \times 10^6}{373}$$
$$= 6058.98 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে,
ভর, m = 1 kg
পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_v = 2.26 \times 10^6 \text{ Jkg}^{-1}$
তাপমাত্রা, T = 100°C
$= (273 + 100) \text{ K} = 373 \text{ K}$

সামিরের প্রক্রিয়ায় এনট্রপির মোট পরিবর্তন,

$$dS' = dS_1' + dS_2'$$
$$= (872.95 + 6058.98) \text{ JK}^{-1} = 6931.93 \text{ JK}^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে, $dS < dS'$.

যেহেতু, সিয়ামের প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন সামিরের প্রক্রিয়ার থেকে কম, তাই তার প্রক্রিয়াটি বেশি শৃঙ্খল। এজন্য বলা যায় যে, সিয়ামের দাবি সঠিক।

প্রশ্ন ▸ ৩৫ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং

327°C তাপমাত্রায় 1 মোল গ্যাস দ্বারা একটি কার্নো ইঞ্জিন কাজ সম্পন্ন করছে। কার্নো চক্রের প্রতিটি ধাপে সংকোচন বা প্রসারণের অনুপাত 6। (সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ এবং $\gamma = 1.4$)

ক. সিস্টেম কী?
খ. অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া একটি একমুখী প্রক্রিয়া— ব্যাখ্যা করো।
গ. ইঞ্জিনের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা নির্ণয় করো।
ঘ. কার্নো চক্রের সমোষ্ণ প্রসারণ ও সংকোচনে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ একই হবে কিনা– গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরীক্ষা-নিরীক্ষার সময় আমরা জড় জগতের যে নির্দিষ্ট অংশ বিবেচনায় নিয়ে কাজ করি তাই সিস্টেম।

খ যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না, অর্থাৎ সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় না, তাকে অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে। প্রকৃতিতে সব স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন সর্বদাই একটা নির্দিষ্ট দিকে পরিচালিত হয়। যেমন– তাপ উচ্চতর তাপমাত্রা থেকে নিম্নতর তাপমাত্রার দিকে সঞ্চালিত হয়। জড়বস্তু সুযোগ পেলেই উঁচু থেকে নিচে পড়তে থাকে। প্রকৃতিতে এসব ঘটনা স্বাভাবিকভাবে বিপরীত দিকে প্রত্যাবর্তন করে আদি অবস্থায় ফিরে যায় না। নিম্ন তাপমাত্রা থেকে তাপ স্বেচ্ছায় উচ্চ তাপমাত্রায় সঞ্চালিত হয় না। এজন্য অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া একটি একমুখী প্রক্রিয়া।

গ আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক,

$$T_1V_2^{\gamma-1} = T_2V_3^{\gamma-1}$$

বা, $T_2 = T_1\left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma-1}$

$= 600\left(\frac{1}{6}\right)^{1.4-1}$

$= 293.02$ K **(Ans.)**

এখানে,
আদি আয়তন $= V_2$
শেষ আয়তন $= V_3$
আয়তনের অনুপাত, $\frac{V_2}{V_3} = \frac{1}{6}$
$\gamma = 1.4$
উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 327°C = (327 + 273)$ K
$= 600$ K
ইঞ্জিনের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

ঘ 'গ' থেকে আমরা পাই, ইঞ্জিনের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা বা তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 293.02$ K

আমরা জানি, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W = nRT \ln\frac{V_2}{V_1}$

এখন, কার্ণো চক্রের সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ W_1 হলে,

$W_1 = nRT_1 \ln\frac{V_2}{V_1}$
$= 1 \times 8.31 \times 600 \times \ln6$
$= 8933.713$ J

এখানে,
গ্যাসের মোলসংখ্যা, n = 1 mole
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31$ J mol^{-1}K^{-1}
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 327°C$
$(327 + 273)$ K $= 600$ K
সমোষ্ণ প্রসারণের অনুপাত 1 : 6
হওয়ায়, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{6}{1}$

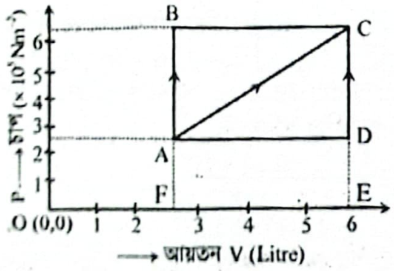
আবার, কার্ণো চক্রের সমোষ্ণ সংকোচনে কৃতকাজ W_2 হলে,

$W_2 = nRT_2 \ln\frac{V_3}{V_4}$
$= 1 \times 8.31 \times 293.02 \times \ln\frac{1}{6}$
$= -4362.93$ J

এখানে,
গ্যাসের মোলসংখ্যা, n = 1 mole
$R = 8.31$ J mol^{-1}K^{-1}
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 293.02$ K ('গ' থেকে পাই)
সমোষ্ণ সংকোচনের অনুপাত 1 : 6
হওয়ায়, $\frac{V_3}{V_4} = \frac{1}{6}$

$|W_2| = |-4362.93 \text{ J}| = 4362.93$ J
দেখা যাচ্ছে, $W_1 \neq |W_2|$ বরং $W_1 > |W_2|$
সুতরাং বলা যায়, কার্ণো চক্রের সমোষ্ণ প্রসারণ ও সংকোচনে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ I প্রশ্ন নং ১,
কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ I প্রশ্ন নং ১



চিত্রে কোনো তাপগতীয় ব্যবস্থাকে ABC, AC ও ADC পথে A থেকে C বিন্দুতে নেয়া হলো। A ও C বিন্দুতে ব্যবস্থাটির অন্তঃস্থশক্তি যথাক্রমে 100 J ও 600 J।

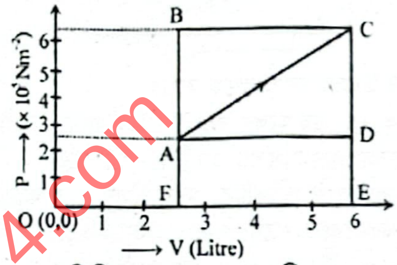
ক. অন্তঃস্থ শক্তি কাকে বলে? ১
খ. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র হতে কীভাবে তাপমাত্রার ধারণা পাওয়া যায়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. AC পথে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কোন পথে সিস্টেম কর্তৃক গৃহীত তাপের পরিমাণ বেশি— গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তি উৎপন্ন বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিকে অন্তঃস্থ শক্তি বলে।

খ তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি হলো— দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তাহলে প্রথমোক্ত বস্তু দুটি পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।
অর্থাৎ একাধিক বস্তু যদি তাপীয়ভাবে সংযুক্ত থাকে এবং তাদের মধ্যে তাপের কোনো আদান-প্রদান না ঘটলে বস্তুগুলো তাপীয় সমতায় আছে ধরা হয়। এ থেকে সিদ্ধান্ত নেওয়া যায়, প্রতিটি বস্তুর এমন একটি ধর্ম আছে যা অন্য একটি বস্তুর সঙ্গে সমান হলে বস্তু দুটি পরস্পর তাপীয় সাম্যে থাকবে। এই ধর্মটিই হলো তাপমাত্রা। এভাবেই তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র থেকে তাপমাত্রার ধারণা পাওয়া যায়।

গ



আমরা জানি, তাপগতিবিদ্যায় P – V লেখচিত্র দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রফল কৃতকাজ নির্দেশ করে। এখানে, AC পথটি V অক্ষের সাথে ACEF ট্রাপিজিয়াম তৈরি করে। এই ACEF ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফলই হবে AC পথে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ।

ACEF ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল

$= \frac{1}{2} \times$ সমান্তরাল বাহুদ্বয়ের যোগফল $\times$ এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব

সুতরাং,
$W = \frac{1}{2}(AF + CE) \times EF$
$= \frac{1}{2}(2.5 \times 10^5 + 6.5 \times 10^5) \times 3.5 \times 10^{-3}$
$= 1575$ J

এখানে,
$AF = 2.5 \times 10^5$ Nm^{-2}
$CE = 6.5 \times 10^5$ Nm^{-2}
$EF = (6 - 2.5)$ L
$= 3.5 \times 10^{-3}$ m^3

∴ AC পথে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ 1575 J **(Ans.)**

ঘ A ও C বিন্দুতে ব্যবস্থাটির অন্তঃস্থশক্তির পরিবর্তন

$\Delta U_{AC} = U_C - U_A$
$= 600 \text{ J} - 100 \text{ J}$
$= 500$ J

এখানে,
A বিন্দুতে অন্তঃস্থশক্তি, $U_A = 100$ J
C বিন্দুতে অন্তঃস্থশক্তি, $U_C = 600$ J

এখন, AC পথের ক্ষেত্রে—
$\Delta Q_{AC} = \Delta U_{AC} + \Delta W_{AC}$
$= (500 + 1575)$ J
$= 2075$ J

'গ' থেকে পাই
AC পথে সম্পাদিত কাজ, $\Delta W_{AC} = 1575$ J
AC পথে গৃহীত তাপ, $\Delta Q_{AC} = ?$

আবার, ABC পথের ক্ষেত্রে,
$\Delta W_{ABC} = \Delta W_{AB} + \Delta W_{BC}$
$= 0 + P\,\Delta V_{BC}$
$= 0 + 6.5 \times 10^5 \times 3.5 \times 10^{-3}$
$= 2275$ J
$\therefore \Delta Q_{ABC} = \Delta U_{AC} + \Delta W_{ABC}$
$= (500 + 2275)$ J
$= 2775$ J

এখানে,
AB পথের ক্ষেত্রে, (সমআয়তন প্রক্রিয়া)
$V_A = V_B = 2.5$ L $\therefore \Delta V_{AB} = 0$
$\therefore W_{AB} = P\,\Delta V_{AB} = 0$ J
BC পথের ক্ষেত্রে, (সমচাপীয় প্রক্রিয়া)
$P_B = P_C = 6.5 \times 10^5$ Nm^{-2} $= P$
$V_B = 2.5$ L, $V_C = 6$ L
$\Delta V_{BC} = V_C - V_B = (6 - 2.5)$ L
$= 3.5$ L $= 3.5 \times 10^{-3}$ m^3

একইভাবে, ADC পথের ক্ষেত্রে,
$\Delta W_{ADC} = \Delta W_{AD} + \Delta W_{DC}$
$= P\Delta V_{AD} + 0$
$= 2.5 \times 10^5 + 3.5 \times 10^{-3}$
$= 875$ J

এখানে,
AD পথের ক্ষেত্রে, (সমচাপীয় প্রক্রিয়া)
$P_A = P_D = P = 2.5 \times 10^5$ Nm^{-2}
$V_A = 2.5$ L, $V_D = 6$ L
$\Delta V_{AD} = V_D - V_A = (6 - 2.5)$ L

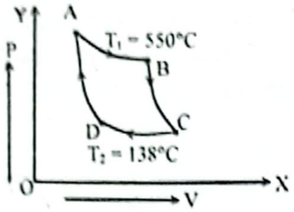
$\therefore \Delta Q_{ADC} = \Delta U_{AC} + \Delta W_{ADC}$
$= (500 + 875)$ J
$= 1375$ J

$= 3.5$ L $= 3.5 \times 10^{-3}$ m^3
DC পথের ক্ষেত্রে, (সমআয়তন প্রক্রিয়া)
$V_D = 6$ L $= V_C$
$\therefore \Delta V_{CD} = 0$
$\therefore \Delta W_{DC} = P\Delta V_{CD} = 0$ J

দেখা যাচ্ছে, $\Delta Q_{ABC} > \Delta Q_{AC} > \Delta Q_{ADC}$
∴ ABC পথে সিস্টেম কর্তৃক গৃহীত তাপের পরিমাণ বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৩৭ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩

একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের তাপ উৎস এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 550°C এবং 138°C। সমোষ্ণ প্রসারণে গৃহীত তাপের পরিমাণ 850 J।



ক. রোধের উষ্ণতা সহগ কাকে বলে? ১
খ. C_P এবং C_V এর মধ্যে কোনটি বড়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের AB অংশের এনট্রপি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ বৃদ্ধি করতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 0°C তাপমাত্রায় থাকা 1Ω রোধবিশিষ্ট কোনো একটি পরিবাহীর রোধ 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে যে পরিমাণ বৃদ্ধি পায় তাকে রোধের উষ্ণতা সহগ বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_V, C_P এর চেয়ে কম হয় বা, $C_V < C_P$ হয়।

গ উদ্দীপকের AB অংশে সমোষ্ণ প্রসারণ ঘটে।
আমরা জানি,

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

এখানে,
AB অংশের গৃহীত তাপ $dQ = 850$ J
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 550°C$
$= (550 + 273)$ K $= 823$ K
এনট্রপি $dS = ?$

বা, $dS = \frac{850}{823}$ এখানে, $[T = T_1 = 823$ K$]$
$= 1.0328$ JK^{-1} **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$
$$= 1 - \frac{411}{823}$$
$$= 0.5006$$
$$= 50.06\%$$

এখানে,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 550°C$
$= (550 + 273)$ K $= 823$K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 138°C$
$= (138 + 273)$ K $= 411$K
দক্ষতা, $\eta = ?$

উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির দক্ষতা 50.06%। তাপ উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রার পার্থক্য বৃদ্ধি করে তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি করা সম্ভব। কিন্তু দক্ষতা দ্বিগুণ বৃদ্ধি করলে ইঞ্জিনের দক্ষতা হবে তিনগুণ অর্থাৎ, 150.18 যা কোনভাবেই সম্ভব নয় কেননা কোন ইঞ্জিনই 100% দক্ষ হতে পারে না। অতএব, উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ বৃদ্ধি করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ যশোর বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং

A প্রক্রিয়ায় 2 kg পানিকে 0°C তাপমাত্রা থেকে বাষ্পে রূপান্তরিত করা হলো অন্যদিকে B প্রক্রিয়ায় 10°C তাপমাত্রার 5 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করা হলো। (পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 J·kg^{-1}·K^{-1} এবং পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 2.26×10^6 J·kg^{-1})

ক. আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে?
খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।
গ. উদ্দীপকে A প্রক্রিয়ায় মোট প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় কর।
ঘ. উদ্দীপকে কোন প্রক্রিয়ায় বিশৃঙ্খলার মাত্রা বেশি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 C° বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের দরকার তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই প্রান্তের মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্য দিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয়। এতে পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপ উৎপন্ন হয়।

গ ৩৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 5360000 J।

ঘ 0°C তাপমাত্রার 2 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_1 = m_A s \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 2 \times 4200 \times \ln\frac{373}{273}$$
$$= 2621.7 \text{ J·K}^{-1}$$

এখানে, A প্রক্রিয়ায় পানির ভর,
$m_A = 2$kg
তাপমাত্রা, $T_1 = 0°C = 273$ K
$T_2 = 100°C = 373$ K
পানির আপেক্ষিক তাপ, $s = 4200$ J·kg^{-1}·K^{-1}
পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ,
$l_v = 2.26 \times 10^6$ J·kg^{-1}

আবার, 100°C তাপমাত্রার 2 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = \frac{\Delta Q}{T_2} = \frac{m_A l_v}{T_2} = \frac{2 \times 2.26 \times 10^6}{373}$$
$$= 12117.96 \text{ J·K}^{-1}$$

A প্রক্রিয়ায় এনট্রপির মোট পরিবর্তন, $\Delta S_A = \Delta S_1 + \Delta S_2$
$= 2621.7 + 12117.96$
$= 14739.66$ J·K^{-1}

B প্রক্রিয়ায় এনট্রপির মোট পরিবর্তন,

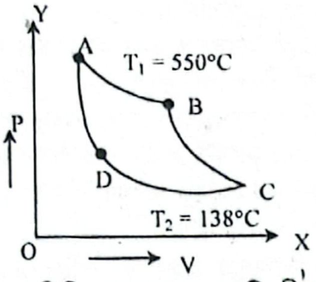
$$\Delta S_B = m_B s \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 5 \times 4200 \times \ln\frac{373}{283}$$
$$= 5798.8 \text{ J·K}^{-1}$$

এখানে,
B প্রক্রিয়ায় পানির ভর, $m_B = 5$ kg
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 10°C = 283$ K
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 100°C = 373$ K

লক্ষ্য করি, 14739.66 J·K^{-1} > 5798.8 J·K^{-1}, অর্থাৎ A প্রক্রিয়ার এনট্রপি বৃদ্ধি পাবে অনেক বেশি। ∴ A প্রক্রিয়ায় বিশৃঙ্খলার মাত্রা বেশি।

প্রশ্ন ▶৩৯ যশোর বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ১

একটি প্রত্যাবর্তী তাপ ইঞ্জিনের তাপ উৎস এবং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 550°C এবং 138°C। সমোষ্ণ প্রসারণে গৃহীত তাপের পরিমাণ 750J।



ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি কী? ১
খ. গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ 20.8 $Jmole^{-1}K^{-1}$ বলতে কী বোঝায়? ২
গ. উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনের তৃতীয় ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তাহলে প্রথমোক্ত বস্তু দুইটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ কোনো পদার্থের 1 মোলের উষ্ণতা 1K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ পদার্থের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।
গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ 20.8 $Jmole^{-1}K^{-1}$ বলতে বোঝায় চাপ অথবা আয়তন স্থির রেখে ঐ গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে 20.8 J তাপশক্তি প্রয়োজন হয়।

গ দেওয়া আছে,
সমোষ্ণ প্রসারণে গৃহিত তাপের পরিমাণ, $Q_1 = 750$ J
উৎসের তাপমাত্রা $T_1 = (550 + 273)K = 823$ K
গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = (138 + 273)$ K
$= 411$K

মনে করি, সমোষ্ণ সংকোচনে (CD অংশে) বর্জিত তাপ = Q_2
CD অংশে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $S_{CD} = ?$
প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া হওয়ায়,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$$

$$\therefore \quad S_{CD} = -S_{AB} = -\frac{Q_2}{T_2} = \frac{-Q_1}{T_1}$$

$$\text{বা, } \quad S_{CD} = \frac{-750}{823} = -0.911\ JK^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ ৩৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶৪০ সিলেট বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬; বরিশাল বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ১

27°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস চেম্বারে 1 বায়ু মন্ডলীয় চাপে 100 kgm^{-3} ঘনত্বের CO_2 গ্যাস আছে। চেম্বারটিতে গ্যাসের চাপ 2 বায়ু মন্ডলীয় করা হলে চেম্বারটি হঠাৎ ফেটে যায়। ($\gamma = 1.33$).

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. ফেটে যাওয়ার মূহুর্তে চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ছিল? ৩
ঘ. চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্বের কেমন পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করে এবং সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় সেই প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

খ কার্ণো ইঞ্জিন দ্বারা কাজে রূপান্তরিত তাপশক্তি ও ইঞ্জিন দ্বারা শোষিত তাপশক্তির অনুপাতকে কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে। কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$ সমীকরণে, T_1 হলো উৎসের তাপমাত্রা এবং T_2 তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা। উক্ত সমীকরণ অনুসারে, T_2 এর মান যত হ্রাস পাবে, $(T_1 - T_2)$ এর মান তত বৃদ্ধি পাবে। $T_1 - T_2$ এর মান যত বাড়বে কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা তত বাড়বে। এ কারণে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।

গ উদ্দীপক অনুসারে, $\gamma = 1.33$
প্রাথমিক তাপমাত্রা, $T_1 = 27°C = (273 + 27)\ K = 300\ K$
প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ
চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = 2$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$
আমরা জানি,

$$T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$\text{বা, } T_2 = T_1 \times \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 300 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1-1.33}{1.33}}$$

$$= 356.297\ K = 83.297°C\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি,

$$\frac{\rho_1 T_1}{P_1} = \frac{\rho_2 T_2}{P_2}$$

$$\text{বা, } \rho_2 = \frac{\rho_1 \times T_1 \times P_2}{P_1 \times T_2}$$

$$= \frac{100 \times 300 \times 2}{1 \times 356.297}$$

$$= 168.4\ kgm^{-3}$$

$$\therefore \Delta\rho = (\rho_2 - \rho_1)$$

$$= (168.4 - 100)\ kgm^{-3}$$

$$= 68.4\ kgm^{-3}$$

উদ্দীপক অনুসারে,
প্রাথমিক ঘনত্ব, $\rho_1 = 100\ kgm^{-3}$
প্রাথমিক তাপমাত্রা,
$T_1 = 27°C = 300$ K
প্রাথমিক চাপ,
$P_1 = 1$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ
চূড়ান্ত চাপ,
$P_2 = 2$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ
'গ' অংশ হতে পাই, চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 356.297$ K
চূড়ান্ত ঘনত্ব, $\rho_2 = ?$
ঘনত্বের পরিবর্তন, $\Delta\rho = ?$

অতএব, চেম্বারটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্ব 68.4 kgm^{-3} বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶৪১ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ▌প্রশ্ন নং ১

দুটি তাপ ইঞ্জিন যথাক্রমে 400K ও 800K তাপমাত্রায় কাজ করে। এতে ব্যবহৃত জ্বালানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 2000 $Jkg^{-1}K^{-1}$ এবং 1500 $Jkg^{-1}K^{-1}$। 10gm ভরের দুটি ভিন্ন কার্যকরী বস্তু দুটিতে ইঞ্জিন ব্যবহার করা হলো।

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার সংজ্ঞা দাও। ১
খ. কেন $C_p > C_v$? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. ১ম ইঞ্জিনের দক্ষতা 15% বৃদ্ধি করতে উৎসের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করতে হবে? ৩
ঘ. কোন ইঞ্জিনের এনট্রপির পরিবর্তন কম হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী বা প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলা হয়।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়।

অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_V, C_P এর চেয়ে কম হয় বা, $C_V < C_P$ হয়।

গ ৩২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: তাপ উৎসের তাপমাত্রা 342.85 K বৃদ্ধি করতে হবে।

ঘ ৩২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৪২ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ▌প্রশ্ন নং ২

স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে একটি সিলিন্ডারে 1 mole হিলিয়াম গ্যাস রাখা আছে। পরবতীতে উক্ত গ্যাসের আয়তন প্রথমে সমোষ্ণ ও পরে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় 1.5 গুণ করা হল।

ক. পানির ত্রৈধ বিন্দু কাকে বলে? ১
খ. 'সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন শূন্য'— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. রূপতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাসের শেষ তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি নির্দিষ্ট চাপে যে তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ, বিশুদ্ধ পানি এবং সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প তাপীয় সাম্যাবস্থায় সহাবস্থান করে তাকে পানির ত্রৈধ বিন্দু বলে।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকে। আমরা জানি, কোনো গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি তার তাপমাত্রার সমানুপাতিক। তাই গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তিত না হওয়ার কারণে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তিও পরিবর্তিত হয় না।

গ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার জন্য,

$$T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$$

বা, $T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1$

বা, $T_2 = \left(\frac{1}{1.5}\right)^{1.67-1} \times 273$

$\therefore T_2 = 208.05$ K **(Ans.)**

এখানে,
গ্যাসের আদি আয়তন, V_1
শেষ আয়তন, $V_2 = 1.5\ V_1$
He গ্যাসের জন্য, $\gamma = 1.67$
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 273$ K
শেষ তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ 920.3 J এবং রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ 805.96 J। তাই সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৩ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

P ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা $\frac{1}{6}$ ও Q ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা $\frac{1}{3}$। উভয় ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা সমান, কিন্তু P ইঞ্জিনের চেয়ে Q ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 60 K কম।

ক. পৃথিবীর তাপীয় মৃত্যুর প্রধান কারণ কী? ১
খ. তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র শক্তির নিত্যতা সূত্রের একটি বিশেষ রূপ। ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. Q এর গ্রাহকের তাপমাত্রা যদি 30 K বৃদ্ধি করা হয় তবে কর্মদক্ষতার কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পৃথিবীর তাপীয় মৃত্যুর প্রধান কারণ তাপীয় সাম্যাবস্থা।

খ যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তরিত করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক হবে। কোনো সিস্টেমের ওপর W পরিমাণ কাজ করায় যদি Q পরিমাণ তাপ উৎপ হয় তবে জুলের সূত্রানুসারে- $W \propto Q$

$$W = JQ$$

এখানে, J তাপের যান্ত্রিক সমতা। কাজ ও তাপ উভয়কে জুল এক পরিমাপ করা হলে $J = 1$ হয়। সুতরাং, $W = Q$

কিন্তু কোনো সিস্টেমে তাপ সরবরাহ করা হলে এর সবটাই কা রূপান্তরিত হয় না, এর কিছু অংশ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধিতে ব হয়। কোনো সিস্টেম Q পরিমাণ তাপ গ্রহণ করার ফলে যদি এ অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি ΔU এবং সিস্টেম কর্তৃক পরিবেশের ওপর কৃতকা W হয় এবং তাপ ও কাজ একই এককে পরিমাপিত হয়, তবে–

$$Q = \Delta U + W$$

সুতরাং বলা যায়, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র শক্তির নিত্যতার সূত্রে একটি বিশেষ রূপ।

গ

আমরা জানি, কর্মদক্ষতা,

$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

P ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে কর্মদক্ষতা,

$\eta_P = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $\frac{1}{6} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{6}$ বা, $T_2 = \frac{5T_1}{6}$

এবং Q ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে কর্মদক্ষতা, $\eta_Q = 1 - \frac{T_2'}{T_1}$

বা, $\frac{1}{3} = 1 - \frac{T_2 - 60}{T_1}$

বা, $\frac{\frac{5T_1}{6} - 60}{T_1} = \frac{2}{3}$

এখানে,
P এর কর্মদক্ষতা, $\eta_P = \frac{1}{6}$
Q এর কর্মদক্ষতা, $\eta_Q = \frac{1}{3}$
ধরি, উভয় ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা $= T_1$
এবং P ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2 হলে, Q ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা হবে,
$T_2' = T_2 - 60$

বা, $\frac{5T_1}{6} - 60 = \frac{2T_1}{3}$ বা, $\frac{5T_1}{6} - \frac{2T_1}{3} = 60$ বা, $\frac{T_1}{6} = 60$

বা, $T_1 = 60 \times 6 = 360$ K

$\therefore$ তাপ উৎসের তাপমাত্রা $= 360$ K **(Ans.)**

ঘ

'গ' হতে পাই,
Q ইঞ্জিনের উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 360$ K

সুতরাং $T_2 = \frac{5 \times 360}{6} = 300$ K

$\therefore T_2' = 300 - 60 = 240$ K

অর্থাৎ, Q ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2' = 240$ K

এখানে,
কর্মদক্ষতা, $\eta_Q = \frac{1}{3}$

Q ইঞ্জিনের গ্রাহকের তাপমাত্রা 30 K বৃদ্ধি করলে $T'_{2Q} = 240 + 30$
$= 270$ K

$\therefore$ Q ইঞ্জিনের পরিবর্তিত দক্ষতা, $\eta'_Q = 1 - \frac{T'_{2Q}}{T_1} = 1 - \frac{270}{360} = 0.25 = 25\%$

পূর্বের দক্ষতা $= \frac{1}{3} = 33.33\%$

$\therefore$ দক্ষতা হ্রাস $= 33.33 - 25 = 8.33\%$

সুতরাং, Q ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 30 K বৃদ্ধি করলে দক্ষতা শতকরা 8.33 অংশ হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৪ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১

দ্বাদশ শ্রেণির বিজ্ঞান বিভাগের দুজন ছাত্রী শিউলি ও শিলা যথাক্রমে সমোষ্ণ ও রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় 27°C তাপমাত্রায় ও 300 cmHgP চাপের কোনো গ্যাসের আয়তন অর্ধেক করলো। গ্যাসটি হলো দ্বি-পারমাণবিক।

ক. জড় প্রসজ্ঞা কাঠামো কী? ১

খ. ভর আছে এমন কোনো কণা আলোর সমান বেগে চলতে পারে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. শিলা কর্তৃক গ্যাসের তাপগতীয় পরিবর্তনে গ্যাসের তাপমাত্রা কত হবে? ৩

ঘ. শিউলি ও শিলার মধ্যে কে বেশি কাজ করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

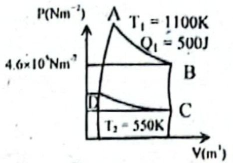
ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসজ্ঞা কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায় সে প্রসজ্ঞা কাঠামোই হলো জড় প্রসজ্ঞা কাঠামো।

খ আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা সূত্র থেকে আমরা জানতে পারি কোন বস্তু আলোর বেগের কাছাকাছি বেগে গতিশীল হলে এর ভর বৃদ্ধি পায় এবং তা $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ সমীকরণ দ্বারা নির্ণয় সম্ভব। যেখানে m_0 নিশ্চল ভর এবং v হলো বস্তুর বেগ। কোন বস্তু যদি আলোর সমান বেগে গতিশীল হয় তবে $v = c$ হবে। সেক্ষেত্রে $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{0}$ $= \infty$। অর্থাৎ ভর অসীম হয়ে যাবে। যা সম্ভব নয়। তাই ভর আছে এমন কোন বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না।

গ ৪২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 395.85 K।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** শিউলির কৃতকাজ হলো 1728.84 J অন্যদিকে শিলার 1992.2 J। সুতরাং, শিলা বেশি কাজ করবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৫ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ১



ক. অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কী? ১

খ. এন্ট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্রে C বিন্দুতে চাপ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রত্যেক ধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করে চিত্রে একটি ইঞ্জিনের প্রত্যাবর্তীতা মূল্যায়ন করা যায়— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না অর্থাৎ সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীতমুখী হয় না তাই হল অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

খ ধরা যাক A ও B এর তাপমাত্রা যথাক্রমে T_1 ও T_2 এবং $T_1 > T_2$। A ও B এর মধ্যে সংযোগ স্থাপিত হলে A থেকে B তে তাপ সঞ্চালিত হবে। A হতে B তে Q পরিমাণ তাপ সঞ্চালিত হলে, A এর এন্ট্রপির পরিবর্তন $\Delta S_1 = -\frac{Q}{T_1}$ এবং B এর এন্ট্রপির পরিবর্তন $\Delta S_2 = \frac{Q}{T_2}$

সুতরাং সিস্টেমটির এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন,

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1}$$

যেহেতু $T_1 > T_2$ সেহেতু ΔS একটি ধনাত্মক রাশি। অর্থাৎ, এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেয়েছে। যেহেতু তাপ সর্বদা উষ্ণ বস্তু থেকে শীতল বস্তুতে সঞ্চালিত হয়, সেহেতু এন্ট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পায় তাই এন্ট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক।

গ ২৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৪৬ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৭

সায়েম −10°C তাপমাত্রার 1 kg বরফকে 30°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলো। আলিফ 30°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করলো। সায়েম দাবি করলো তার প্রক্রিয়াটি অধিক সুশৃঙ্খল। [$S_w = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$, $L_f = 3.36 \times 10^5\ JK^{-1}$, $S_{ice} = 2100\ Jkg^{-1}K^{-1}$, $L_v = 2.26 \times 10^6\ Jkg^{-1}$

ক. ধারকত্ব কী? ১

খ. কোনো বস্তুর ভর কখনো অসীম হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আলিফের প্রক্রিয়ায় সম্পূর্ণ তাপশক্তির পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সায়েমের বক্তব্যটি কী সঠিক? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাই হল ঐ পরিবাহীর বা ধারকের তড়িৎ ধারকত্ব বা সংক্ষেপে ধারকত্ব।

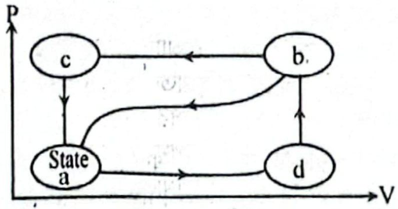
খ ভরের আপেক্ষিকতা সূত্র থেকে আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

যেখানে, m_0 = বস্তুর স্থির ভর, m = বস্তুর গতিশীল ভর, v = বস্তুর বেগ। এখন, বস্তুর ভর m অসীম হবে যদি $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 0$ হয় বা, $1 = \frac{v^2}{c^2}$ হয় বা, $v = c$ হয়। অর্থাৎ, কোনো বস্তুর বেগ যদি আলোর বেগের সমান হয়, তাহলেই তার ভর অসীম হওয়া সম্ভব। কিন্তু কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে না। তাই বলা যায়, কোনো বস্তুর ভর কখনো অসীম হতে পারে না।

গ ৩৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৪৭ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ১



একটি সিস্টেমকে a থেকে b তে নিলে acb পথে সিস্টেম কর্তৃক 200 J তাপ শোষিত হয় এবং সিস্টেম 100 J কাজ সম্পাদন করে। adb পথে কৃতকাজ 60 J। সিস্টেমটি যদি ba পথে নেওয়া হয় তবে কৃতকাজ হয় 50J।

ক. পানির ত্রৈধবিন্দু কাকে বলে? ১

খ. সমোষ্ণ সংকোচনে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন রুদ্ধতাপীয় সংকোচনের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তনের চেয়ে কম। ব্যাখ্যা করো। ২

গ. adb পথে শোষিত তাপের পরিমাণ কত তা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ba বক্র পথে কতটুকু তাপ শোষিত বা নির্গত হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি নির্দিষ্ট চাপে যে তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ, বিশুদ্ধ পানি এবং সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প তাপীয় সাম্যাবস্থায় সহাবস্থান করে তাকে পানির ত্রৈধবিন্দু বলে।

খ সমোষ্ণ সংকোচন প্রক্রিয়ায় গ্যাসের উপর কাজ করা হয়, কিন্তু উক্ত শক্তি তাপরূপে তাপগ্রাহকে বর্জন করে দেয়ার ফলে সিস্টেমের তাপমাত্রা একই থাকে। অর্থাৎ অভ্যন্তরীণ শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না। অন্যদিকে রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে বাইরে থেকে শক্তি সরবরাহ করে কাজ

সম্পাদিত হয় বলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ সিস্টেমের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং সিস্টেম উষ্ণ হয়। তাই বলা যায় সমোষ্ণ সংকোচনে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তনের চেয়ে কম।

গ দেওয়া আছে, acb পথে a থেকে b তে নিলে সিস্টেম কর্তৃক শোষিত তাপ, $Q = 200$ J এবং কৃতকাজ, $W = 100$ J।

আমরা জানি,

$dQ = dU + dW$

বা, $dU = dQ - dW = (200 - 100)\ J = 100$ J

আবার, adb পথে কৃতকাজ, $W_{adb} = 60$ J

$\therefore$ adb পথে শোষিত তাপ, $dQ = dU + W_{adb}$

$= 100\ J + 60\ J$

$= 160$ J (Ans.)

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত

a ও b বিন্দুর মধ্যে অভ্যন্তরীণ শক্তির পার্থক্য, $dU = 100$ J

b থেকে a তে আসতে সিস্টেমের ওপর 50 J কাজ সম্পন্ন হয়, তাই $dW = -50$ J এবং b থেকে a তে আসলে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন $dU = -100$ J।

$\therefore\ dQ = dU + dW = -100\ J - 50\ J = -150$ J

যেহেতু dQ এর মান ঋণাত্মক তাই সিস্টেমটি তাপ বর্জন করবে। অতএব বলা যায়, ba বক্রপথে 150 J তাপ নির্গত হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৮ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ১

একটি কার্নো ইঞ্জিন তাপ উৎস থেকে গৃহীত তাপের এক চতুর্থাংশ কাজে পরিণত করতে পারে। যদি তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 80°C কমানো হয় তবে ইঞ্জিনের দক্ষতা দ্বিগুণ হয়। কিন্তু কিছুদিন পর দেখা গেলো এন্ট্রপির সাথে সাথে ইঞ্জিনটির দক্ষতা ও কমে 20% হলো।

ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি লেখো। ১

খ. গ্যাসের দুইটি আপেক্ষিক তাপ থাকার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ইঞ্জিনটির তাপ উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা কমার ফলে এন্ট্রপির কীরূপ পরিবর্তন হয়? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক **তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র:** এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ এক মোল কোনো পদার্থের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপকে ঐ পদার্থের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। যেহেতু গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ ও আয়তন দুইটি স্থির রেখে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পরিমাপ করা যায়। সে জন্য গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ দুই ধরনের হয়।

গ প্রশ্নমতে,

$W = \frac{Q_1}{4}$

বা, $\frac{W}{Q_1} = \frac{1}{4}$

বা, $\eta = \frac{1}{4}$

এখানে,
ইঞ্জিনের কাজ = W
গৃহীত তাপ = Q_1
কর্মদক্ষতা = η
তাপ উৎসের তাপমাত্রা = T_1
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা = T_2

এখন,
আমরা জানি,
কর্মদক্ষতা,

$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $\frac{1}{4} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $\frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{4}$

বা, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{3}{4}$ .... (i)

আবার, তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 80°C বা 80K কমালে এর দক্ষত
হয়।

সুতরাং শর্তানুযায়ী,

$2\eta = 1 - \frac{T_2 - 80}{T_1}$

বা, $2 \times \frac{1}{4} = 1 - \frac{T_2 - 80}{T_1}$

বা, $\frac{1}{2} = 1 - \frac{T_2}{T_1} + \frac{80}{T_1}$

বা, $\frac{1}{2} = 1 - \frac{3}{4} + \frac{80}{T_1}$ [(i) নং হতে]

বা, $\frac{80}{T_1} = \frac{1}{2} - 1 + \frac{3}{4} = \frac{1}{4}$

বা, $T_1 = 320$ K

$\therefore$ তাপ উৎসের তাপমাত্রা = 320 K **(Ans.)**

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $\eta_1 = \frac{1}{4} = 0.25$

আমরা জানি,

$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $0.25 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $\frac{T_2}{T_1} = 0.75$ .... (i)

এখানে,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা = T_1
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা = T_2

কিছুদিন পর ইঞ্জিনটির দক্ষতা কমে 20% হলে মনে করি, ইঞ্জি
ও T_4 তাপমাত্রায় কার্যরত।

$\eta_2 = 1 - \frac{T_4}{T_3}$

বা, $0.2 = 1 - \frac{T_4}{T_3}$

বা, $\frac{T_4}{T_3} = 0.8$ .... (ii)

এখানে,
দক্ষতা, $\eta_2 = 20\% = 0.2$
তাপ উৎসের তাপমাত্রা = T_3
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা = T_4

মনে করি, ইঞ্জিনে ব্যবহৃত পদার্থের ভর m ও আপেক্ষিক তাপ s।

তাহলে, দক্ষতা কমার ফলে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$\Delta S = \Delta S_2 - \Delta S_1$

$= ms\ ln\frac{T_4}{T_3} - ms\ ln\frac{T_2}{T_1}$

$= ms\left(ln\frac{T_4}{T_3} - ln\frac{T_2}{T_1}\right)$

$= ms\{ln(0.8) - ln\ (0.75)\}$ [(i) ও (ii) হতে]

$= ms\ ln\frac{0.8}{0.75}$

$= 0.7757$ ms

অর্থাৎ, ইঞ্জিনটির দক্ষতা কমার ফলে এন্ট্রপির পরিবর্তন হবে 0.
ms JK^{-1}। এন্ট্রপির পরিবর্তন ধনাত্মক হওয়ায় পরবর্তীতে পূর্বের
এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং

একটি কার্নো ইঞ্জিনের কার্যনির্বাহী উপাদান হলো একটি দ্বিপার
গ্যাস। গ্যাসটি 510 K উৎস হতে তাপ শোষণ করে। প্রতিবার প্র
এর আয়তন তিনগুণ হয়। যদি ইঞ্জিনটির দক্ষতা 50% করতে হয়,
উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা গ্রাহকের তাপমাত্রা হ্রাস করতে হয়।

ক. শূন্যতম সূত্র কী?

খ. সমোষ্ণ প্রসারণে $dW = dQ$ কেন হয় ব্যাখ্যা করো।

গ. ইঞ্জিনটির প্রাথমিক দক্ষতা নির্ণয় করো।

ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা 50% করতে হলে পরিবেশের জন্য উ
উল্লেখিত কোন প্রক্রিয়াটি ভালো হবে? গাণিতিকভাবে বি
করো।

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শূন্যতম সূত্র হলো— দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা স্থির থাকে বলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ $\Delta U = 0$। সুতরাং, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে, $\Delta Q = \Delta W + \Delta U$

বা, $\Delta Q = \Delta W + 0$

$\therefore \Delta Q = \Delta W$

সুতরাং সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কোনো সিস্টেম দ্বারা সম্পাদিত কাজ সিস্টেমে সরবরাহকৃত তাপ শক্তির সমান হয়।

গ ২১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 35.56%।

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ইঞ্জিনটির দক্ষতা 50% করতে হলে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে 147.2 K অথবা তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে 73.6 K।

সুতরাং, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমিয়ে ইঞ্জিনের দক্ষতা 50% করা অধিকতর সহজ। তাই পরিবেশের জন্য এ প্রক্রিয়াটি ভালো হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫০ **বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ১**

ঘটনা ০১ : 27°C তাপমাত্রায় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় 0.04 kg অক্সিজেন গ্যাস এর আয়তন সংকুচিত করে $\frac{1}{6}$ অংশ করা হলো।

ঘটনা ০২ : একটি পারমাণবিক বোমার প্রভাব বলয়ের ব্যাসার্ধ 100m ও তাপমাত্রা 10^{10}K। রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এর বিস্ফোরণ কে প্রসারিত করা হলে প্রভাব বলয়ের ব্যাসার্ধ পরিবর্তিত হয়ে 2000 m হয়।

[এখানে, মোলার গ্যাস ধ্রুবক $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ এবং $\gamma = 1.66$]

ক. তাপগতীয় সিস্টেম কী? ১
খ. এন্ট্রপির সাহায্যে তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ঘটনা ০২ এ চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উভয়ক্ষেত্রে কৃতকাজ সমান হবে কি না যুক্তি দিয়ে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপগতীয় সিস্টেম হলো পদার্থের একটি নির্দিষ্ট অংশ, তাপগতীয় স্থানাঙ্কের সাহায্যে যার অবস্থার বর্ণনা দেয়া যায়।

খ এন্ট্রপির সাহায্যে তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র ব্যাখ্যা করা যায়। তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রকে গাণিতিকভাবে সংজ্ঞায়িত করার জন্য ধরা যাক একটি ব্যবস্থার প্রাথমিক ও চূড়ান্ত অবস্থা A ও B তে এন্ট্রপির মান যথাক্রমে S_A এবং S_B। সুতরাং ব্যবস্থাটির এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

যদি A ও B দুটি অবস্থা পরস্পরের খুবই কাছাকাছি হয় তবে লেখা যায়, $dS = \frac{dQ}{T}$

$\therefore dQ = TdS$

এটিই তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রের গাণিতিক রূপ। ২য় সূত্রটিকে $TdS = dU + PdV$ রূপেও লেখা যায়।

গ

আমরা জানি,

$T_2V_2^{\gamma-1} = T_1V_1^{\gamma-1}$

বা, $T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$

বা, $T_2 = T_1\left(\frac{\frac{4}{3}\pi r_1^3}{\frac{4}{3}\pi r_2^3}\right)^{\gamma-1}$

$= 10^{10}\left(\frac{100^3}{2000^3}\right)^{1.66-1}$

$= 2.65 \times 10^7$ K **(Ans.)**

এখানে,
$\gamma = 1.66$
আদিতে বোমার প্রভাব বলয়ের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 100$ m
পরিবর্তিত প্রভাব বলয়ের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 2000$ m
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 10^{10}$ K
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ 1.57×10^{11} J ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ 5586.258 J। সুতরাং উভয়ক্ষেত্রে কৃতকাজ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫১ **বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ২**

A প্রক্রিয়ায় 2 kg পানি 100°C তাপমাত্রায় বাষ্পে পরিণত হলো। অন্যদিকে B প্রক্রিয়ায় 10°C তাপমাত্রার 5kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হলো। পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ও পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ $2.26 \times 10^6 \text{ Jkg}^{-1}$)

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র কী? ১
খ. কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% কেন ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের A প্রক্রিয়ায় সম্পূর্ণ তাপের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কোন প্রক্রিয়ার বিশৃঙ্খলা বেশি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র হলো— দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ বিজ্ঞানী সাদী কার্ণো সকল দোষত্রুটি মুক্ত একটি আদর্শ ইঞ্জিন কল্পনা করেন, যাকে কার্ণো ইঞ্জিন বলা হয়। আদর্শ কার্ণো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% ধরা হয়। অর্থাৎ এই ইঞ্জিনে তাপ উৎস হতে গৃহীত তাপের সম্পূর্ণ অংশই কাজে রূপান্তরিত করে। তাই দক্ষতা, $\eta = \frac{W}{Q_1}$ বা, $\eta = \frac{Q_1}{Q_1} = 1$ বা 100% হয়।

কিন্তু বাস্তবে আসলে এরকম ইঞ্জিন তৈরি করা সম্ভব নয়।

গ 0°C তাপমাত্রার 2 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_1 = ms\Delta\theta$

$= 2 \times 4200 \times (100 - 0)$

$= 840000$ J

এখানে,
পানির ভর, $m = 2$ kg
তাপমাত্রার পার্থক্য, $\Delta\theta = (100 - 0)$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200 \text{ J·kg}^{-1}\text{·K}^{-1}$
পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $l_v = 2.26 \times 10^6 \text{ J·kg}^{-1}$

100°C তাপমাত্রার 2 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$Q_2 = ml_v = 2 \times 2.26 \times 10^6 = 4520000 \text{ J}$$

∴ উদ্দীপকের A প্রক্রিয়ায় সম্পূর্ণ তাপের পরিমাণ,

$$Q = Q_1 + Q_2 = 840000 \text{ J} + 4520000 \text{ J} = 5360000 \text{ J} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ 0°C তাপমাত্রার 2 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রায় উন্নীত করতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$\Delta S_1 = m_A s \ln\frac{T_2}{T_1}$

$= 2 \times 4200 \times \ln\frac{373}{273}$

$= 2621.7 \text{ J·K}^{-1}$

এখানে, A প্রক্রিয়ায় পানির ভর,
$m_A = 2$kg
তাপমাত্রা, $T_1 = 0°C = 273$ K
$T_2 = 100°C = 373$ K
পানির আপেক্ষিক তাপ, $s = 4200 \text{ J·kg}^{-1}\text{·K}^{-1}$
পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ,
$l_v = 2.26 \times 10^6 \text{ J·kg}^{-1}$

আবার, 100°C তাপমাত্রার 2 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = \frac{\Delta Q}{T_2} = \frac{m_A l_v}{T_2} = \frac{2 \times 2.26 \times 10^6}{373} = 12117.96 \text{ J·K}^{-1}$$

A প্রক্রিয়ায় এনট্রপির মোট পরিবর্তন,

$\Delta S_A = \Delta S_1 + \Delta S_2$

$= 2621.7 + 12117.96$

$= 14739.66 \text{ J·K}^{-1}$

B প্রক্রিয়ায় এনট্রপির মোট পরিবর্তন,

$$\Delta S_B = m_B s \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 5 \times 4200 \times \ln\frac{373}{283}$$
$$= 5798.8\ J{\cdot}K^{-1}$$

এখানে,
B প্রক্রিয়ায় পানির ভর, $m_B = 5$ kg
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 10°C = 283$ K
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 100°C = 373$ K

লক্ষ্য করি, $14739.66\ J{\cdot}K^{-1} > 5798.8\ J{\cdot}K^{-1}$, অর্থাৎ A প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন পাবে অনেক বেশি।

∴ A প্রক্রিয়ায় বিশৃঙ্খলা বেশি।

প্রশ্ন ▸ ৫২ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ১

দ্বিপারমাণবিক গ্যাস সম্বলিত একটি কার্ণো ইঞ্জিন 400K তাপমাত্রায় উৎস হতে তাপ গ্রহণ করে। প্রতি প্রসারণে এর আয়তন 2.5 গুণ হয়।

ক. অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. এন্ট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির প্রাথমিক দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. ইঞ্জিনের দক্ষতা 48% করতে হলে কী ব্যবস্থা নিতে হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না অর্থাৎ, সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতিস্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীতমুখী হয় না তাকে অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ ধরা যাক A ও B এর তাপমাত্রা যথাক্রমে T_1 ও T_2 এবং $T_1 > T_2$। A ও B এর মধ্যে সংযোগ স্থাপিত হলে A থেকে B তে তাপ সঞ্চালিত হবে। A হতে B তে Q তাপ সঞ্চালিত হলে A এর এন্ট্রপির পরিবর্তন $\Delta S_1 = -\frac{Q}{T_1}$ এবং B এর এন্ট্রপির পরিবর্তন $\Delta S_2 = \frac{Q}{T_2}$

সুতরাং, সিস্টেমটি এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন,

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = \frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1}$$

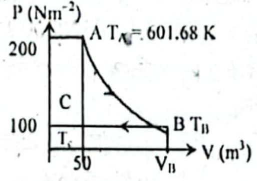
যেহেতু $T_1 > T_2$, সেহেতু ΔS একটি ধনাত্মক রাশি। অর্থাৎ, এন্ট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক।

গ ২১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 30.685%।

ঘ ২১(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 69.26 K কমাতে হবে অথবা তাপ উৎসের তাপমাত্রা 133.2 K বাড়াতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৩ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ১

উদ্দীপকের চিত্রে 2 মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে AB, BC এবং CA একটি চক্রীয় প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। AB রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া। ($C_p = 28.8$ $Jmol^{-1}K^{-1}$ এবং $\gamma = 1.4$)



ক. আবদ্ধ সিস্টেম কাকে বলে? ১
খ. রেফ্রিজারেটর এর কর্মসম্পাদন সহগ 3 বলতে কী বুঝ? ২
গ. AB পথে সম্পাদিত কাজ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. তিনটি ধাপে এনট্রপির পরিবর্তনের তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে শুধুমাত্র শক্তি বিনিময় করতে পারে কিন্তু ভর বিনিময় করতে পারে না তাকে আবদ্ধ সিস্টেম বলে।

খ রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ ও কম্প্রেসর কর্তৃক সরবরাহকৃত যান্ত্রিক কাজের অনুপাতকে রেফ্রিজারেটরের কার্যসম্পাদন সহগ বলে।

রেফ্রিজারেটরের কার্যসম্পাদন সহগ 3 বলতে বুঝায় রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ ও কম্প্রেসর কর্তৃক সরবরাহকৃত যান্ত্রিক কাজের অনুপাত 3।

গ AB রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার জন্য,

$$T_A P_A^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_B P_B^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$
$$\text{বা, } T_B = T_A\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$
$$= 601.68 \times \left(\frac{200}{100}\right)^{\frac{1-1.4}{1.4}}$$
$$= 493.58\ K$$

এখানে,
A বিন্দুতে চাপ, $P_A = 200\ Nm^{-2}$
B বিন্দুতে চাপ, $P_B = 100\ Nm^{-2}$
A বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_A = 601.68$ K
মোল সংখ্যা n = 2 mole
এবং $\gamma = 1.4$
B বিন্দুতে তাপমাত্রা, $T_B = ?$

এখান, AB পথে সম্পাদিত কাজ $W_{AB} = \frac{nR}{\gamma - 1}[T_A - T_B]$

$$= \frac{2 \times 8.314}{1.4 - 1} \times [601.68 - 493.58]$$
$$= 4493.717\ j\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, $T_B = 493.58$ K।

CA সমআয়তন প্রক্রিয়া তাই,

$$\frac{T_C}{T_A} = \frac{P_C}{P_A}$$
$$\text{বা, } T_C = 601.68 \times \frac{100}{200}$$
$$= 300.84\ K$$

আমরা জানি,
$$C_p - C_v = R$$
$$\text{বা, } C_v = C_p - R = 28.8 - 8.31$$
$$= 20.49\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$$

এখানে,
$\gamma = 1.4$
$C_p = 28.8\ J\ mol^{-1}K^{-1}$
মোল সংখ্যা, n = 2 mol
$P_A = 200\ Nm^{-2}$
$P_B = P_C = 100\ Nm^{-2}$
$T_A = 601.68$ K
$V_A = V_C = 50\ m^3$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

AB রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া তাই dQ = 0

সুতরাং এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_{AB} = 0\ JK^{-1}$

BC সমচাপ প্রক্রিয়া। সমচাপ প্রক্রিয়ার $dQ = nC_p dT$

$$\therefore \text{ এন্ট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S_{BC} = \int_{T_B}^{T_C}\frac{dQ}{T} = \int_{T_B}^{T_C}\frac{nC_p dT}{T} = nC_p \ln\frac{T_C}{T_B}$$
$$= 2 \times 28.8 \times \ln\frac{300.84}{493.58} = -28.51\ JK^{-1}$$

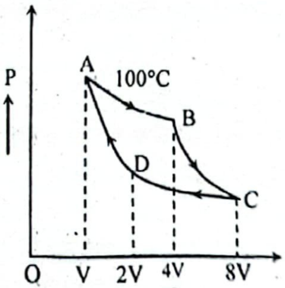
CA সমআয়তন প্রক্রিয়া। সমআয়তন প্রক্রিয়ার $dQ = nC_v dT$

$$\text{সুতরাং এন্ট্রপির পরিবর্তন, } \Delta S_{CA} = \int_{T_C}^{T_A}\frac{dQ}{T} = \int_{T_C}^{T_A}\frac{nC_v dT}{T} = nC_v \ln\frac{T_A}{T_C}$$
$$= 2 \times 20.49 \times \ln\frac{601.68}{300.84} = 28.40\ JK^{-1}$$

এখানে, $\Delta S_{CA} > \Delta S_{AB} > \Delta S_{BC}$

সুতরাং, তিনটি ধাপের মধ্যে CA ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন সর্বোচ্চ এবং AB ধাপে এনট্রপির পরিবর্তন নেই।

প্রশ্ন ▸ ৫৪ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৩



চিত্রে 16 gm অক্সিজেন এর P-V লেখচিত্র একটি কার্ণো ইঞ্জিনের কার্য দেখানো হলো। অপর একটি কেটলিতে 20°C তাপমাত্রার 1kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করা হলো। এর ফলে 1 atm চাপে এর আয়তন $10^{-3}\ m^3$ থেকে বেড়ে $1.617\ m^3$ হয়। পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 $Jkg^{-1}K^{-1}$ এবং পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ 2260 $kJ\ kg^{-1}$।

ক. গাউসের সূত্র বিবৃত কর। ১

খ. পানির পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের মান বেশি হওয়া সত্ত্বেও কেন ডাই ইলেকট্রনিক হিসেবে পানি ব্যবহার করা হয় না কেন?— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কেটলিতে উত্তপ্ত পানির মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কার্ণো ইঞ্জিনটির প্রতিধাপে কৃতকাজ নির্ণয় সম্ভব কি-না তা গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যাচাই কর। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের $\in_0$ গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ পানির পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক অনেক বেশি; তবে বিশুদ্ধ অবস্থায় থাকলেই কেবল এটি ভালো অন্তরকের মতো আচরণ করে। কিন্তু পানিতে অপদ্রব্য দ্রবীভূত থাকলে পানি পরিবাহীর মতো আচরণ করে, তাই পানি ধারকের ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে উপযুক্ত নয়। তাছাড়া পানি তরল পদার্থ তথা প্রবাহী হওয়ায় এটি ধারকের ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে সুবিধাজনক নয়। এ কারণে পানির পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের মান বেশি হওয়া সত্ত্বেও এটি ডাই ইলেকট্রিক হিসেবে ব্যবহার করা হয় না।

গ পানির তাপমাত্রা T_1 থেকে T_2 হলে, এন্ট্রপির পরিবর্তন, ΔS_1 হলে,

$$\Delta S_1 = ms\,ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$
$$= 1 \times 4200 \times ln\left(\frac{373}{293}\right)$$
$$= 1013.9\ JK^{-1}$$

T_2 তাপমাত্রায় বাষ্পে পরিণত হলে এন্ট্রপির পরিবর্তন ΔS_2 হলে, $\Delta S_2 = \frac{ml_v}{T_2}$

$$= \frac{1 \times 2260 \times 10^3}{373}$$
$$= 6058.98\ JK^{-1}$$

এখানে,
পানির ভর $m = 1\ kg$
পানির আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 20°C$
$= 20 + 273 = 293\ K$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 100°C$
$= 100 + 273 = 373°C$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200\ Jkg^{-1}\ K^{-1}$
বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ,
$l_v = 2260\ kJkg^{-1} = 2260 \times 10^3\ Jkg^{-1}$

মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$

$$= 1013.9 + 6058.98$$
$$= 7072.88\ JK^{-1}$$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের লেখচিত্র অনুযায়ী B থেকে C প্রক্রিয়াটি হলো রুদ্ধতাপীয়। C বিন্দুতে তাপমাত্রা T_2 হলে,

$$T_2 = T_1\left(\frac{V_B}{V_C}\right)^{\gamma - 1}$$
$$= 373 \times \left(\frac{4V}{8V}\right)^{1.4-1}$$
$$= 282.68\ K$$

এখানে,
অক্সিজেনের পরিমাণ, $W = 16\ gm$
$\therefore$ মোল $n = \frac{W}{m} = \frac{16}{2} = 0.5\ mol$
দ্বিপারমাণবিক গ্যাসের ক্ষেত্রে, $\gamma = 1.4$
তাপমাত্রা, $T_1 = 100°C$
$= 100 + 273 = 373\ K$
আয়তন, $V_A = V$, $V_B = 4V$,
$V_C = 8\ V$, $V_D = 2V$

AB সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ W_{AB} হলে,

$$W_{AB} = nRT\ ln\frac{V_B}{V_A}$$

এখানে,
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31\ J\ mol^{-1}K^{-1}$

$$= (0.5 \times 8.31 \times 373)ln\left(\frac{4V}{V}\right) = 2148.50\ J$$

BC রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কৃতকাজ, W_{CD} হলে,

$$W_{BC} = \frac{nR}{\gamma - 1}[T_1 - T_2] = \frac{0.5 \times 8.31}{1.4 - 1}[373 - 282.68]$$
$$= 938.199\ J$$

CD সমোষ্ণ সংকোচনে কৃতকাজ W_{CD} হলে,

$$W_{CD} = nRT_2\ ln\frac{V_D}{V_C}$$
$$= 0.5 \times 8.31 \times 282.68 \times ln\left(\frac{8V}{2V}\right) = -1628.25\ J$$

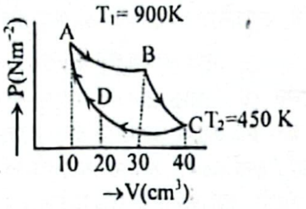
DA রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে কৃত কাজ, W_{DA} হলে,

$$W_{DA} = \frac{nR}{\gamma - 1}[T_2 - T_1] = \frac{0.5 \times 8.31}{1.4 - 1}[282.68 - 373] = -938.199\ J$$

সুতরাং কার্ণো ইঞ্জিনটির প্রতিধাপে কৃতকাজ নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৫৫ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৬

নিচে একটি কার্ণো চক্র P–V লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন করা হলো। যেখানে 1 mole He গ্যাস ব্যবহার করা হয়েছে।



$R = 8.31J\ mol^{-1}K^{-1}$

ক. ম্যালাসের সূত্রটি লিখ। ১

খ. গ্রেটিংয়ে বর্ণালী সৃষ্টি হয় কেন— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে BC অংশে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন কীরূপ হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চক্রটির প্রতিধাপে এন্ট্রপির পরিবর্তন এর তুলনামূলক বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিশ্লেষকের মধ্য দিয়ে সমবর্তিত আলো গমনের ফলে এর তীব্রতা সমবর্তন ও বিশ্লেষকের নিঃসরণ তলের মধ্যবতী কোণের cosine-এর বর্গের সমানুপাতিক।

খ আমরা জানি, গ্রেটিং এর ক্ষেত্রে $d\ sin\theta = n\lambda$, এখানে, d গ্রেটিং ধ্রুবক, θ হচ্ছে অপবর্তন কোণ, n ক্রম এবং λ হচ্ছে তরঙ্গদৈর্ঘ্য। গ্রেটিং দ্বারা অপবর্তনের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, d ধ্রুব থাকলে θ, λ এর উপর নির্ভরশীল। সুতরাং যৌগিক আলো ব্যবহার করলে বিভিন্ন বর্ণের আলো বিভিন্ন কোণে অপবর্তিত হবে এবং বর্ণালী সৃষ্টি হবে। তবে একবর্ণী আলো ব্যবহার করলে $n = 0$ এর জন্য $\theta = 0$ হবে তাই এক্ষেত্রে বর্ণালী সৃষ্টি হবে না।

গ আমরা জানি, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তি পরিবর্তনের মাধ্যমে কৃতকাজ সংঘটিত হয়।

সুতরাং, BC অংশে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন তথা রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কৃতকাজ,

$$W = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_2 - T_1)$$
$$= \frac{1 \times 8.31}{1.66 - 1}(450 - 900)$$
$$= -5665.91\ J$$
$$\therefore |W| = 5665.91\ J$$

এখানে,
হিলিয়াম গ্যাসের জন্য,
$\gamma = 1.66$
তাপমাত্রা, $T_2 = 450\ K$
এবং $T_1 = 900\ K$
মোলসংখ্যা, $n = 1$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক $R = 8.31\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$

অতএব; অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পাবে 5665.91 J **(Ans.)**

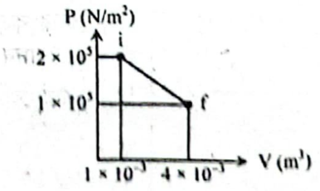
ঘ ৫৩ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: AB অংশে $\Delta S_1 = 9.13\ JK^{-1}$; BC অংশে $\Delta S_2 =$ DA অংশে $\Delta S_4 = 0$ এবং CA অংশে $\Delta S_3 = -5.76\ JK^{-1}$।

প্রশ্ন ▸ ৫৬ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ১

দৃশ্যকল্প ১: নিচের চিত্রানুসারে এক মোল আদর্শ গ্যাস আদি অবস্থা (i) থেকে শেষ অবস্থাতে (f) আসলো।

দৃশ্যকল্প ২: একটি হিমায়ক যন্ত্রের কার্যকরী সহগ 3.8 যা কিনা 200 W বৈদ্যুতিক ক্ষমতায় চালিত হয়।



ক. তাপগতিবিদ্যা কাকে বলে? ১

খ. একই উচ্চতা থেকে একই ভরের একটি তামার এবং লোহার বলকে ফেলে দেওয়া হলে কোন বলটি কম গরম হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. দৃশ্যকল্প ২ হতে 0° সেলসিয়াস তাপমাত্রার 600 g পানিকে বরফে পরিণত হতে প্রয়োজনীয় সময় কত? [এখানে বরফ গলনের সুপ্ততাপ 336000 Jkg^{-1}] ৩

ঘ. দৃশ্যকল্প ১ হতে সিস্টেমের কৃতকাজ, অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন, আদান/প্রদান/ কৃত তাপের পরিমাণ কত? ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থবিজ্ঞানের যে শাখায় তাপের সাথে শক্তি ও কাজের সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হয় তাকে তাপগতিবিদ্যা বলে।

খ লোহার আপেক্ষিক তাপ তামার আপেক্ষিক তাপের চেয়ে বেশি হওয়ায় লোহার বলটি কম গরম হবে। উভয় বল একই উচ্চতা থেকে ফেলা হলে তাদের বিভবশক্তি সমান হবে এবং এটি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হবে। মাটিতে আঘাত করার সময় এই গতিশক্তি যদি সম্পূর্ণ তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয় সে ক্ষেত্রে।

$K_{max} = Q = ms\Delta\theta$। তাই, $\Delta\theta = \frac{Q}{ms}$

লোহার ক্ষেত্রে, তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta_i = \frac{Q}{m\,s_i}$ এবং তামার ক্ষেত্রে,

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\theta_C = \frac{Q}{ms_c}$

$s_i > s_c$ হওয়ায় $\Delta\theta_i < \Delta\theta_C$ হবে।

সুতরাং লোহার বলটি কম গরম হবে।

গ আমরা জানি,

কৃতকাজ, $W = Pt$

বা, $W = 200 \times t$

আবার, পানি বরফে পরিণত হলে বর্জিত সুপ্ততাপ, $Q_1 = ml_f$

বা, $Q_1 = 0.6 \times 336000$

$= 201600$ J

আবার,

হিমায়ক যন্ত্রের কার্যকরী সহগ,

$COP = \frac{Q_1}{W}$

বা, $3.8 = \frac{201600}{200 \times t}$

বা, $t = \frac{201600}{3.8 \times 200} = 265.26$ s **(Ans.)**

এখানে,

কার্যকরী সহগ, COP = 3.8

ক্ষমতা, P = 200 W

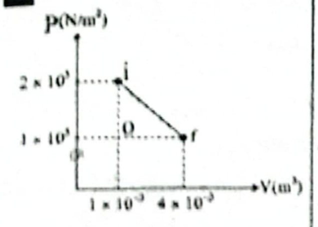
পানির ভর, m = 600 g = 0.6 kg

বরফ গলনের সুপ্ততাপ,

$l_f = 336000\ Jkg^{-1}$

ধরি, বরফে পরিণত হতে প্রয়োজনীয় সময় t সেকেন্ড

ঘ



এখানে,

গ্যাসের পরিমাণ, n = 1 mol

মোলার গ্যাস ধ্রুবক,

$R = 8.31\ Jmol^{-1}K^{-1}$

এক পরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রে স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ,

$C_v = \frac{3}{2}R = 12.465\ Jmol^{-1}K^{-1}$

স্থির চাপে মোলার অপেক্ষিক তাপ

$C_P = \frac{5}{2}R = 20.775\ J\,mol^{-1}\,K^{-1}$

ধরি, গ্যাস আদি অবস্থা (i) থেকে O হয়ে চূড়ান্ত অবস্থা (f) এ গেল।

i বিন্দুতে তাপমাত্রা, T_i হলে,

$P_iV_i = nRT_i$

বা, $T_i = \frac{P_iV_i}{nR}$

$= \frac{2 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3}}{1 \times 8.31}$

$= 24.1$ K

এখানে,

চাপ, $P_i = 2 \times 10^5\ N/m^2$

$P_o = 1 \times 10^5\ N/m^2$

$P_f = 1 \times 10^5\ N/m^2$

আয়তন, $V_i = 1 \times 10^{-3}\ m^3$

$V_o = 1 \times 10^{-3}\ m^3$

$V_f = 4 \times 10^{-3}\ m^3$

অনুরূপ, O বিন্দুর তাপমাত্রা T_o হলে,

$T_o = \frac{P_oV_o}{nR} = \frac{1 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3}}{8.31} = 12.05$ K

এবং F বিন্দুতে তাপমাত্রা T_F হলে,

$T_f = \frac{P_fV_f}{nR} = \frac{1 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-3}}{8.31} = 48.2$ K

i থেকে O প্রক্রিয়াটি হলো সমআয়তন প্রক্রিয়া।

তাই কৃতকাজ, $dW_1 = 0$ J।

অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন $dU_1 = nC_vdT = 1 \times 12.465 \times (12.0$ 24.1) = − 150.2 J

সুতরাং, তাপের পরিবর্তন, $dQ_1 = dU_1 = -150.2$ J

O থেকে f হলো সমচাপ প্রক্রিয়া।

তাই কৃতকাজ, $dW_2 = PdV = 1 \times 10^5 \times (4 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3}) =$ 300 J

এক্ষেত্রে তাপের পরিবর্তন, $dQ_2 = n\,C_p\,dT$

$= 1 \times 20.775 \times (48.2 - 12.05)$

$= 751.02$ J

সুতরাং অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন, $dU = dQ_2 - dW_2$

$= (751.02 - 300) = 451.02$ J

সুতরাং i থেকে f এ আসতে মোট কৃতকাজের পরিমাণ,

$dW = dW_1 + dW_2 = 0 + 300 = 300$ J

অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন, $dU = dU_1 + dU_2 = -150.2 + 451.$

$= 300.82$J

তাপের পরিবর্তন, $dQ = dQ_1 + dQ_2 = -150.2 + 750.6 = 600.$

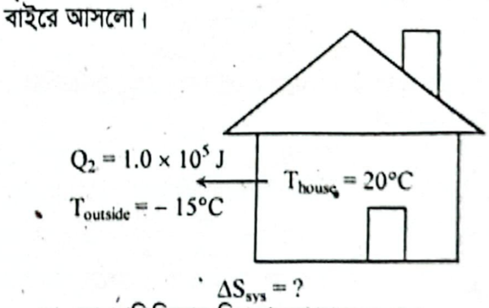
সুতরাং, সিস্টেমের কৃতকাজ 300 J,

অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন 300.82 J এবং তাপের পরিবর্তন 600.

প্রশ্ন ▶ ৫৭ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ❙ প্রশ্ন নং

দৃশ্যকল্প ১: একটি তাপ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 15%, তাপ উৎস এবং গ্রাহকের তাপমাত্রার পার্থক্য 200° সেলসিয়াস।

দৃশ্যকল্প ২: চিত্র অনুসারে নির্দিষ্ট পরিমাণ (1 × 10^5 J) তাপ ঘর বাইরে আসলো।



ক. তাপগতিবিদ্যায় বিশৃঙ্খলতা কাকে বলে?

খ. মহাবিশ্বের বিশৃঙ্খলতা প্রতিনিয়ত বাড়ছে নাকি কমছে? ব্যাখ্যা করো।

গ. দৃশ্যকল্প ২ অনুসারে সিস্টেমের মোট এনট্রপির (ΔS_{sys}) কত?

ঘ. দৃশ্যকল্প ১ অনুসারে ইঞ্জিনের তাপ উৎস এবং তাপ তাপমাত্রা নির্ণয় করো।

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাপগতিবিদ্যায় বিশৃঙ্খলতা বা এন্ট্রপি বলে।

খ মহাবিশ্বের বিশৃঙ্খলতা প্রতিনিয়ত বাড়ছে। আমরা জানি, স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন সর্বদা সাম্যাবস্থার দিকে ধাবিত হয়। অর্থাৎ, স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনে এনট্রপি বৃদ্ধি পায়। আমাদের চারপাশে যা আছে অর্থাৎ, প্রকৃতির সকল বস্তুই সাম্যাবস্থা পেতে চায়। আমরা বলতে পারি মহাবিশ্বের এনট্রপি বাড়ছে এক অসীমের ধাবিত হচ্ছে। এনট্রপির বৃদ্ধি যখন সর্বোচ্চ মানে পৌঁছাবে সবকিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে ফলে তাপশক্তি আর যান্ত্রিক রূপান্তরিত হবে না। এই অবস্থাকে মহাবিশ্বের তাপীয় মৃত্যু বলে।

গ ঘর থেকে তাপ বাইরে বের হওয়ার কারণে ঘরের ভেতরে এনট্রপির পরিবর্তন,

$\Delta S_1 = -\frac{Q}{T_{house}}$
$= -\frac{1 \times 10^5}{293}$
$= -341.3\ JK^{-1}$

এখানে,
ঘরের ভিতরের তাপমাত্রা,
$T_{house} = 20°C = 20 + 273 = 293\ K$
বাইরের তাপমাত্রা, $T_{outside} = -15°C$
$= -15 + 273 = 258\ K$

ঘরের বাইরে তাপ বের হওয়ার কারণে,
বাইরে এনট্রপির পরিবর্তন,

$\Delta S_2 = \frac{Q}{T_{outside}} = \frac{1 \times 10^5}{258}$
$= 387.6\ JK^{-1}$

তাপের পরিমাণ, $Q = 1 \times 10^5\ J$

সুতরাং সিস্টেমের মোট এনট্রপির পরিবর্তন,

$\Delta S_{sys} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = -341.6 + 387.6 = 46\ JK^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,
তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা

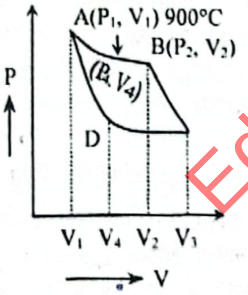
$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
বা, $0.15 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
বা, $0.15 = \frac{200}{T_1}$
বা, $T_1 = 1333.33\ K$

এখানে,
কর্মদক্ষতা, $\eta = 15\% = 0.15$
ধরি,
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, T_1 ও
তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, T_2
সুতরাং, $T_1 - T_2 = 200°\ C = 200\ K$

এখন, $T_1 - T_2 = 200$
বা, $T_2 = 1333.33 - 200 = 1133.33\ K$
সুতরাং, তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 1333.33 K ও 1133.33 K

প্রশ্ন ▶ ৫৮ ঢাকা কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ১

নিচের চিত্রে একটি কার্ণো চক্র দেখানো হয়েছে। কার্ণো চক্রে দ্বি-পারমাণবিক গ্যাস ব্যবহার করা হয়েছে।



$\frac{V_2}{V_1} = \frac{3}{1}$ এবং $\frac{V_3}{V_2} = \frac{4}{3}$

ক. একটি সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি কী? ১
খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি সম এনট্রপি প্রক্রিয়া—ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. চক্রের প্রথম দুটি ধাপে কাজের পরিমান একই হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি সিস্টেমের সকল কণার মোট বিভব শক্তি ও গতি শক্তি যার বিনিময়ে সিস্টেম বাহ্যিক শক্তি সরবরাহ ছাড়া কাজ করতে পারে তাই হলো ঐ সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি।

খ আমরা জানি,

এনট্রপির পরিবর্তন, $dS = \frac{dQ}{T}$ লক্ষণীয়, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, সিস্টেমের সাথে পরিপার্শ্বের কোনো তাপীয় বিনিময় হয় না। অর্থাৎ, $dQ = 0$ হয়।

সুতরাং, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, $dS = \frac{0}{T} = 0;$

এই কারণে, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া একটি সম এন্ট্রপি প্রক্রিয়া।

গ ৩৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 772.5°C।

ঘ ৩৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $W_{AB} = 1070.87$ J/mol এবং $W_{BC} = 2648.89$ J/mol; সুতরাং চক্রের ১ম দুটি ধাপে কাজের পরিমাণ একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ১

একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্রমে 1025°C ও 475°C এর চারটি ধাপে কৃতকাজের পরিমাণ যথাক্রমে 1560 J, 1070 J, 480 J ও 1070 J।

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে? ১
খ. প্রকৃতিতে স্বাভাবিক নিয়মে সংঘটিত সকল তাপগতীয় প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া—ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটি তাপগ্রাহকে কী পরিমাণ তাপ বর্জন করবে নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে কার্নো ইঞ্জিনটির উৎসের তাপমাত্রা 48°C বৃদ্ধি করলে দক্ষতার পরিবর্তন এবং তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 48°C হ্রাস করলে দক্ষতার পরিবর্তন একই হবে কিনা—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ প্রকৃতিতে যে সমস্ত পরিবর্তন বা রূপান্তর আপনা আপনি ঘটে সেগুলোকে বলা হয় স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন। স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনগুলোতে দেখা যায়, এগুলো সর্বদাই একটা নির্দিষ্ট দিকে পরিচালিত হয়। যেমন- তাপ উচ্চতর তাপমাত্রা থেকে নিম্নতর তাপমাত্রার বস্তুতে পরিচালিত হয় কিন্তু নিম্নতর তাপমাত্রা থেকে উচ্চতর তাপমাত্রায় পরিচালিত হয় না। আবার, একটি বস্তুকে উপর থেকে ছেড়ে দিলে তা নিচে পড়তে থাকে অর্থাৎ, বিভবশক্তি হ্রাস পায়। কিন্তু বাহ্যিক বল না প্রয়োগ করলে তা আর পূর্বের অবস্থানে ফিরে না। সুতরাং, প্রকৃতিতে স্বাভাবিক নিয়মে সংঘটিত সকল তাপগতীয় প্রক্রিয়াই অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

গ চারটি ধাপে কৃতকাজের মধ্যে W_1 ও W_2 ধনাত্মক (সমোষ্ণ ও রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ), W_3 ও W_4 ঋণাত্মক (সমোষ্ণ ও রুদ্ধতাপীয় সংকোচন)

ইঞ্জিনের মোট কৃতকাজ W হলে
$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$
$= 1560 + 1070 + (-480) + (-1070)$
$= 1560 + 1070 - 480 - 1070$
$= 1080\ J$

এখানে,
চারটি ধাপে কৃতকাজের পরিমাণ,
$W_1 = 1560\ J$,
$W_2 = 1070\ J$, $W_3 = 480\ J$,
$W_4 = 1070\ J$
তাপ উৎসের তাপমাত্রা,
$T_1 = 1025°C$
$= (1025 + 273)\ K = 1298\ K$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 475°C$
$= (475 + 273)\ K = 748\ K$
তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপ, $Q_2 = ?$
ইঞ্জিনের গৃহীত তাপ, $Q_1 = ?$

আমরা জানি,
দক্ষতা, $\eta = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

$\therefore \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ বা, $\frac{1080}{Q_1} = 1 - \frac{748}{1298}$

বা, $\frac{1080}{Q_1} = \frac{25}{59}$ $\therefore Q_1 = 2548.8\ J$

আবার, $W = Q_1 - Q_2$
বা, $Q_2 = Q_1 - W = 2548.8 - 1080 = 1468.8\ J$
∴ ইঞ্জিনের তাপ গ্রাহকে বর্জিত তাপ 1468.8 J **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
$= 1 - \frac{748}{1298}$
$= 0.4237$
$= 42.37\ \%$

এখানে,
প্রাথমিক অবস্থায়
তাপ উৎসের তাপমাত্রা, = 1298 K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 748\ K$
কর্মদক্ষতা, $\eta = ?$

এখন ইঞ্জিনের তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা (T_2) অপরিবর্তিত রেখে উৎসের তাপমাত্রা 48°C = 48 K বৃদ্ধি করলে পরিবর্তিত উৎসের তাপমাত্রা T_1' = (1298 + 48) K = 1346 K

এক্ষেত্রে দক্ষতা η_1 হলে,

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1'} = 1 - \frac{748}{1346} = 0.4442 = 44.42\%$$

সুতরাং, দক্ষতা বৃদ্ধি $\Delta\eta = \eta_1 - \eta = (44.42 - 42.37)\% = 2.05\%$

আবার, উৎসের তাপমাত্রা (T_1) অপরিবর্তিত রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 48°C = 48K হ্রাস করলে পরিবর্তিত তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা $T_2' = (748 - 48)$ K = 700 K

এক্ষেত্রে দক্ষতা η_2 হলে

$$\eta_2 = 1 - \frac{T_2'}{T_1} = 1 - \frac{700}{1298} = 0.4607 = 46.07\%$$

এক্ষেত্রে দক্ষতা বৃদ্ধি $\Delta\eta' = \eta_2 - \eta = (46.07 - 42.37)\% = 3.7\%$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে, উভয়ক্ষেত্রে দক্ষতার পরিবর্তন একই হবে না। বরং দ্বিতীয়ক্ষেত্রে দক্ষতার পরিবর্তন বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ৬০ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ১

জাহিদ 30°C তাপমাত্রায় 5L কার্বন-ডাইঅক্সাইড গ্যাসকে হঠাৎ করে প্রসারিত করে 15 L আয়তনে উন্নীত করে। অপর দিকে একটি কার্ণো ইঞ্জিন উৎস থেকে 8000 kJ তাপ শোষণ করে 5000 kJ কাজে পরিণত করে বাকিটুকু তাপ গ্রাহকে বর্জন করে। শাহিন এই ইঞ্জিনটির দক্ষতা 10% বৃদ্ধি করার জন্য পদক্ষেপ নেয় যার গ্রাহকের তাপমাত্রা জাহিদের ব্যবহৃত গ্যাসের চূড়ান্ত তাপমাত্রার সমান।

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১
খ. $C_p > C_v$ কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. জাহিনের চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. দক্ষতা বৃদ্ধির জন্য শাহিন কী পদক্ষেপ গ্রহণ করেছে? উদ্দীপকের আলোকে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলা হয়। স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়।

অর্থাৎ, 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_V, C_P এর চেয়ে কম হয় বা, $C_V < C_P$ হয়।

গ ৩৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 195.25 K।

ঘ 'গ' হতে পাই, জাহিনের গ্যাসের চূড়ান্ত তাপমাত্রা, T_2 = 195.25 K

আমরা জানি, দক্ষতা, $\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\%$

$= \frac{5000}{8000} \times 100$

$= 62.5\%$

এখানে,
কৃতকাজ, W = 5000 kg
গৃহীত তাপ, Q_1 = 8000 KJ
ধরি, উৎসের তাপমাত্রা, T_1

আবার, দক্ষতা $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $\frac{62.5}{100} = 1 - \frac{195.25}{T_1}$

বা, T_1 = 520.667 K

পরিবর্তিত দক্ষতা, $\eta' = \eta + 10\% = 62.5 + 10 = 72.5\% = 0.725$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা T_1 স্থির রেখে গ্রাহকের তাপমাত্রা, T_2' হলে,

$\eta' = 1 - \frac{T_2'}{T_1}$ বা, $0.725 = 1 - \frac{T_2'}{562.3}$

বা, T_2' = 143.183 K

আবার, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা T_2 স্থির রেখে উৎসের তাপমাত্রা T_1' হলে,

$\eta' = 1 - \frac{T_2}{T_1'}$ বা, $0.725 = 1 - \frac{195.25}{T_1'}$

বা, T_1' = 710 K

সুতরাং তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে ΔT = 195.25 − 143.183
= 52.067 K

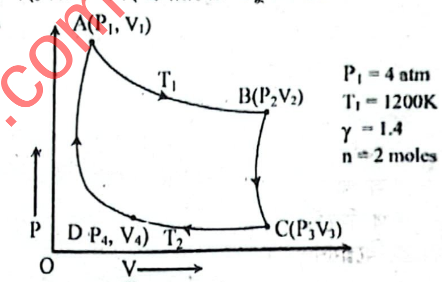
অথবা, তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে, $\Delta T'$ = 710 − 520.667
= 189.33 K

$\Delta T' > \Delta T$

সুতরাং তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 52.067 K কমানো বেশি সুবিধাজনক।

প্রশ্ন ▸ ৬১ ঢাকা সিটি কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ১

নিচে একটি প্রত্যাগামী ইঞ্জিনের নির্দেশক চিত্র দেখানো হলো। যেখানে প্রতি ধাপে সংকোচন এবং প্রসারণের অনুপাত 3:5।



ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী? ১
খ. অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. লেখচিত্রের AB সমোষ্ণ অংশে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ইঞ্জিনটির তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা নির্ণয় পূর্বক ইঞ্জিনটির দক্ষতা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো উক্ত ধাতুর ওপর ফেলা হলে ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয় না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্কই হলো ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক।

খ মনে করি, কোনো অপ্রত্যাগামী ইঞ্জিন T_1 তাপমাত্রায় Q_1 তাপ গ্রহণ করে এবং T_2 তাপমাত্রায় Q_2 পরিমাণ তাপ বর্জন করে।

$\therefore$ এক্ষেত্রে কর্মদক্ষতা, $\eta' = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

কিন্তু তাপমাত্রায় একই সীমার মধ্যে কোনো প্রত্যাগামী চক্রের কর্মদক্ষতা,

$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

এখন, কার্ণোর প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা যে কোনো অপ্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতার চেয়ে বেশি।

অর্থাৎ, $\eta > \eta'$

$\therefore \frac{T_1 - T_2}{T_1} > \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

বা, $1 - \frac{T_2}{T_1} > 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$

বা, $-\frac{T_2}{T_1} > -\frac{Q_2}{Q_1}$

বা, $\frac{T_2}{T_1} < \frac{Q_2}{Q_1}$

বা, $\frac{Q_2}{T_2} > \frac{Q_1}{T_1}$

$\frac{Q_2}{T_2} - \frac{Q_1}{T_1} > 0$

এবং, তাপ উৎসটি $\frac{Q_1}{T_1}$ পরিমাণ এনট্রপি হারায় এবং তাপ গ্রাহক $\frac{Q_2}{T_2}$ পরিমাণ এনট্রপি লাভ করে। সমগ্র প্রক্রিয়াতে এনট্রপির মোট লাভ $- \frac{Q_1}{T_1})$; যা ধনাত্মক।

এবং, অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি বৃদ্ধি পায়।

৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

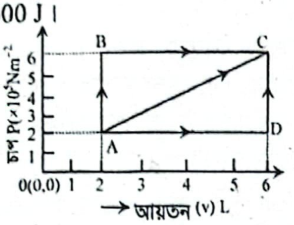
AB অংশে কৃতকাজ 10192.8 J।

৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 928.2 K এবং দক্ষতা 18.48%।

৬২ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ১

কোন তাপগতীয় ব্যবস্থাকে ABC, AC ও ADC পথে A থেকে বিন্দুতে নেয়া হলো। A ও C বিন্দুতে ব্যবস্থাটির অন্তঃস্থশক্তি ক্রমে 100 J ও 600 J।



ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১

খ. কৃষ্ণ বস্তু বিকিরণ ব্যাখ্যা করতে চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান ব্যর্থ কেন? ২

গ. AC পথে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কোন পথে সিস্টেম কর্তৃক গৃহীত তাপের পরিমাণ বেশি— গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে টনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের মতে, বস্তুর পৃষ্ঠের নিকটবর্তী আহিত কণা ত হলে তাপ বিকিরণ উৎপন্ন হয় এবং ছোট এন্টেনার মতো বিকিরণ সরণ করে। তাপীয়ভাবে উত্তেজিত আহিত কণার তরঙ্গের বিন্যাস এমন যে, বস্তু দ্বারা বিকিরণের নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী নিঃসৃত হয়। উনবিংশ দীর শেষের দিকে এটা সুস্পষ্ট হয়ে যায় যে, তাপ বিকিরণের চিরায়ত অপর্যাপ্ত। কারণ, কালো বস্তু থেকে নিঃসৃত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের নের ব্যাখ্যা দিতে এটি সক্ষম হয় না। কালো বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধির ং কালো বস্তু কর্তৃক নিঃসৃত মোট শক্তি বৃদ্ধি পায়। পরীক্ষালব্ধ ফলাফল দেখা যায় যে, এই শক্তি বিকিরণের হার তরঙ্গদৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল। চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণ ব্যাখ্যা করতে ব্যর্থ।

৬৬ (গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1600 J।

৬৭ (ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

$\Delta Q_{ABC} = 2900$ J, $\Delta Q_{AC} = 2100$ J

$_{ADC} = 1300$ J। অর্থাৎ, ABC পথে সিস্টেম কর্তৃক গৃহীত তাপের বেশি।

৬৩ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২

তাপমাত্রায় 0.04 kg ভরের এক খণ্ড বরফ উপর হতে ভূমিতে হলো। এই পতন শক্তির 50% তাপে রূপান্তরিত হওয়ায় বরফ টির এক চতুর্থাংশ গলে গেলো। বরফের আপেক্ষিক তাপ 2100 J K^{-1} বরফ গলনের সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1}।

ক. এনট্রপি কাকে বলে? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার মধ্যে চারটি বৈশিষ্ট্য লেখো। ২

গ. বরফ খণ্ডটি কত উচ্চতা হতে পতিত হয়েছিল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. অবশিষ্ট বরফ খণ্ডকে 100 °C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে কাজের পরিমাণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে পি বলে।

খ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার চারটি বৈশিষ্ট্য--

১. মোট তাপের পরিমাণ স্থির রেখে কোনো গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয়।

২. এই পরিবর্তনে তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে।

৩. এটি একটি অতি দ্রুত প্রক্রিয়া।

৪. এই পরিবর্তনে পাত্রটি তাপ কুপরিবাহী হওয়া প্রয়োজন।

গ পতনের সময় গতিশক্তি = h উচ্চতায় বিভবশক্তি = mgh।

যেহেতু পতনশক্তির 50% তাপে রূপান্তরিত হয়।

সুতরাং সরবরাহকৃত তাপ, $Q_1 = 0.5$ mgh

আবার, বরফের টুকরাটি প্রথমে – 5° C থেকে থেকে 0°C তাপমাত্রায় আসবে।

সুতরাং গৃহীত তাপ,

$Q_2 = ms_i\,\Delta\theta$

$= m \times 2100 \times \{0 - (-5)\}$

$= m \times 2100 \times 5$

$= 10500\ m$

এখন, $m' = \frac{m}{4}$ পরিমাণ বরফ গলবে।

এখানে,

বরফের ভর, m = 0.04 kg

গলিত বরফের পরিমাণ $m' = \frac{m}{4}$

$= \frac{0.04}{4} = 0.01$ kg

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = -5°C$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 0°C$

বরফের আপেক্ষিক তাপ,

$s_i = 2100\ Jkg^{-1}K^{-1}$

বরফ গলনের সুপ্ততাপ,

$l_f = 336000\ Jkg^{-1}$

ধরি, উচ্চতা h

এক্ষেত্রে গৃহীত তাপ, $Q_3 = m'l_f = \frac{m}{4} \times 336000 = 84000\ m$

সুতরাং, সরবরাহকৃত মোট তাপ, $Q_1 = Q_2 + Q_3$

বা, 0.5 mgh = 10500m + 84000 m = 94500 m

বা, $h = \frac{94500m}{0.5 \times m \times g} = \frac{94500}{0.5 \times 9.8} = 19285.7$ m **(Ans.)**

ঘ অবশিষ্ট বরফের পরিমাণ

$m_2 = m - m_1$

$= 0.04 - 0.01 = 0.03$ kg

অবশিষ্ট বরফ গলতে প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ,

$Q_1 = m_2\,l_f$

$= 0.03 \times 336000$

$= 10080$ J

পানির তাপমাত্রা 0°C থেকে 100°C এ নিতে প্রয়োজনীয় তাপ, $Q_2 = m_2s_w\Delta T$

$= m_2\,s_w \times (T_2 - T_1)$

$= 0.03 \times 4200 \times (100 - 0) = 12600$ J

এখানে,

বরফের পরিমাণ, m = 0.04 kg

গলিত বরফের পরিমাণ, $m_1 = \frac{1}{4}m = \frac{1}{4} \times 0.04 = 0.01$ kg

বরফ গলনের সুপ্ততাপ,

$l_f = 336000\ Jkg^{-1}$

পানির আপেক্ষিক তাপ,

$s_w = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$

বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ,

$l_v = 2.26 \times 10^6\ Jkg^{-1}$

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 0°C$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 100°C$

100°C তাপমাত্রায় পানিকে বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ,

$Q_3 = m_2l_v$

$= 0.03 \times 2.26 \times 10^6$

$= 67800$ J

সুতরাং, মোট তাপের প্রয়োজন, $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$= 10080 + 12600 + 67800$

$= 90480$ J

সুতরাং, মোট কাজের পরিমাণ = মোট প্রয়োজনীয় তাপ = 90480 J

প্রশ্ন ▶ ৬৪ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৫

গবেষণাগারে পদার্থবিজ্ঞানের একজন শিক্ষার্থী তমাল 300 gm বরফকে – 10°C তাপমাত্রা থেকে 85°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করে। তার সহপাঠী সোহেল একই পরিমাণ পানিকে 5°C তাপমাত্রা হতে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করে। [বরফের আপেক্ষিক তাপ = 2100 $Jkg^{-1}K^{-1}$, বরফের গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ = $3.36 \times 10^5\ Jkg^{-1}$, পানির আপেক্ষিক তাপ = 4200 $Jkg^{-1}K^{-1}$ এবং পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ = $2.26 \times 10^6\ Jkg^{-1}K^{-1}$]

ক. বিনাশী ভোল্টেজ কাকে বলে? ১

খ. ট্রানজিস্টরের বেস অংশ পাতলা হয় কেন— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে শিক্ষার্থী তমাল এর পরীক্ষায় কী পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে শিক্ষার্থী তমাল ও সোহেল এর তাপগতীয় কার্যে কোনটিতে বিশৃঙ্খলার পরিমাণ বেশি গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জাংশনের বিপরীত বায়াসে ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে একটি ক্রান্তি মানে পৌছালে দেখা যায় যে বিপরীত কারেন্ট হঠাৎ করে অনেকগুণ বেড়ে যায়। অর্থাৎ, p-n জাংশনের রোধ নষ্ট হয়ে যায়। বিশেষ এই ভোল্টেজকে তাই বিনাশী ভোল্টেজ বলে।

খ ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয় বৈদ্যুতিক সংকেত বিবর্ধন করার উদ্দেশ্যে। ট্রানজিস্টরের সক্রিয় অঞ্চল হলো ভূমি/পীঠ। পীঠ যত পাতলা হবে, নিঃসারক– সংগ্রাহক তড়িৎক্ষেত্র তত বেশি শক্তিশালী হবে। এর ফলে পীঠ অঞ্চলে অল্প প্রবাহ প্রবেশ করলেই তার বিশাল প্রভাব বর্তনীতে পড়বে। অর্থাৎ প্রবাহ লাভের (β) মান অত্যাধিক হবে। এ কারণেই ট্রানজিস্টরের বেস বীট বা ভূমি অংশ পাতলা রাখা হয়।

গ ৩৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 214200 J

ঘ ৩৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: তমালের ক্ষেত্রে এন্ট্রপি পরিবর্তন 734 JK^{-1}, অন্যদিকে সোহেলের এন্ট্রপির পরিবর্তন 2188 JK^{-1}। অতএব, সোহেলের ক্ষেত্রে বিশৃঙ্খলার পরিমাণ বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ১

একটি কার্নো ইঞ্জিনে কার্যকর পদার্থ দ্বিপরমানুক গ্যাস গ্যাসটি 510K তাপমাত্রায় উৎস থেকে তাপ গ্রহণ করে। প্রত্যেক প্রসারণে আয়তন তিনগুণ হয়। ইঞ্জিনটিকে 50% দক্ষ করতে হলে উৎসের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে অথবা গ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে।

ক. বন্ধ সিস্টেম কি? ১

খ. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটির প্রাথমিক দক্ষতা কত হবে? ৩

ঘ. ইঞ্জিনটিকে 50% দক্ষ করতে হলে উপরোক্ত দুটি প্রক্রিয়ার মধ্যে কোনটি বেশি পরিবেশ বান্ধব হবে?— গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে শুধুমাত্র শক্তি বিনিময় করতে পারে কিন্তু ভর বিনিময় করতে পারে না তাকে বন্ধ সিস্টেম বলে।

খ দুটি বস্তু তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সমতায় থাকলে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সমতায় থাকবে। এটি তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্র। ধরা যাক, A ও B বস্তুদ্বয়ের মাঝে একটি তাপ কুপরিবাহী দেয়াল আছে এবং এরা উভয়ই অন্য একটি বস্তু C এর সংস্পর্শে আছে। কিছুক্ষণ পর A ও B উভয়ই C এর সাথে তাপীয় সমতায় পৌছবে। এবার A ও B এর মাঝ থেকে দেয়াল সরিয়ে নিলেও দেখা যাবে A ও B এর তাপমাত্রার আর কোনো পরিবর্তন হচ্ছে না। অর্থাৎ, দেয়াল সরানোর পূর্বেই A ও B তাপীয় সমতায় পৌঁছে গেছে। এ পরীক্ষা থেকে উপর্যুক্ত সূত্রটি প্রমাণিত হয়।

গ ২১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 35.56%।

ঘ ২১ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ইঞ্জিনটির দক্ষতা 50% করতে হলে, তাপ উৎসের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে 147.2 K অথবা তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে 73.6 K।

সুতরাং, তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা বাড়ানোর চেয়ে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমালে এন্ট্রপি কম বৃদ্ধি পাবে। তাই তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমানো বেশি পরিবেশ বান্ধব হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন

A প্রক্রিয়ায় 2kg পানিকে 0 °C তাপমাত্রা থেকে বাষ্পে রূপান্তরি হলো। অন্যদিকে B প্রক্রিয়ায় 10°C তাপমাত্রার 5kg পানিকে তাপমাত্রায় পানিতে পরিণত করা হলো। পানির আপেক্ষিক তাপ $Jkg^{-1}K^{-1}$ এবং পানির বাষ্পীভবনে আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 2.26 Jkg^{-1}

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে?

খ. C_p অপেক্ষা C_v ছোট কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকে A প্রক্রিয়ায় মোট প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করো

ঘ. উদ্দীপকে কোন প্রক্রিয়ায় বিশৃঙ্খলার মাত্রা বেশি?— বিশ্লেষণ করো।

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয় গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলা হয়।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম

অর্থাৎ, 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয় বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি লাগবে।

∴ $C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সম তাপ। এই কারণে C_V, C_P এর চেয়ে কম হয় বা, $C_V < C_P$ হয়।

গ ৩৪ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 5360000 J।

ঘ ৪০ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা

0°C তাপমাত্রার 0.07 kg বরফকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে দেয়া হলো। এতে বিভব শক্তির 55% তাপে রূপান্তরিত হলো এবং তাপ সমস্ত বলফকে গলিয়ে দিলো। কিছু সময় পর বরফগলা তাপমাত্রা 5°C এ উন্নীত হলো। দেয়া আছে, বরফ গলনের আপে সুপ্ততাপ 3.36×10^5 J kg^{-1} এবং পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 K^{-1}।

ক. তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রটি বিবৃত করো।

খ. সমআয়তন প্রক্রিয়ায় কাজ শূন্য কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. বরফ খণ্ডটি কত উচ্চতা থেকে ফেলা হয়েছিল?

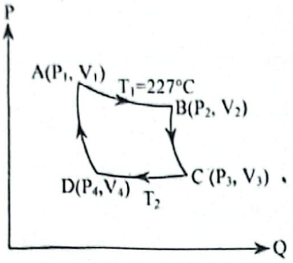
ঘ. বরফ গলন এবং বরফগলা পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি কোন পরিবেশের উপর অধিক প্রভাব পড়বে? এনট্রপির ব্যাখ্যা করো।

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

২৩ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ শহিদ বীর-উত্তম লে. আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ১

ণো ইঞ্জিনের প্রতি স্তরে সংকোচন বা প্রসারনের অনুপাত 1 : 6। এতে র্যনির্বাহক বস্তু হিসেবে 3 মোল দ্বি-পরমাণুক গ্যাস ব্যবহার করা হলো। ($\gamma = 1.4$)



ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি স্থির থাকে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কার্যনির্বাহক বস্তুকে A থেকে B তে আনতে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রদত্ত ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 55% অপেক্ষা বেশী হওয়া সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাকবে।

খ প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় কোনো একটি সিস্টেম বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে। কেনো সিস্টেম A থেকে B তে যাওয়ার সময় এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS_1 = \frac{dQ}{T_1}$ হলে, B থেকে A থেকে ফেরার সময় এন্ট্রপির পরিবর্তন $dS_2 = -\frac{dQ}{T_1}$ হবে। অর্থাৎ, এনট্রপির মোট পরিবর্তন,

$$dS = dS_1 + dS_2 = \frac{dQ}{T_1} - \frac{dQ}{T_1} = 0$$

অর্থাৎ, প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য। অতএব প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি স্থির থাকে।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ১

রফিক একটি সিলিন্ডারে 30°C তাপমাত্রায় 2 mole অজানা গ্যাস রেখে প্রথমে চাপ ধীরে ধীরে দ্বিগুণ করে এবং পরে দ্রুত তিনগুণ করলে এর তাপমাত্রা বেড়ে 197.83°C হল। রফিক অনুমান করল সিলিন্ডারে হিলিয়াম গ্যাস আছে।

ক. নির্দেশক চিত্র কাকে বলে? ১

খ. তাপমিতিক পদার্থ হিসেবে পারদ অধিক গ্রহণযোগ্য কেন- ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম ক্ষেত্রে সিলিন্ডারে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রফিকের অনুমান ছিল কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপগতীয় প্রক্রিয়াকে PV লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করাকে সূচক চিত্র বা নির্দেশক চিত্র বলে।

খ তাপমাত্রার পরিবর্তনে পদার্থের যে বিশেষ বিশেষ ধর্ম নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় এবং যে ধর্মের পরিবর্তন লক্ষ করে সহজ ও সূক্ষ্মভাবে তাপমাত্রা পরিমাপ করা যায়, তাকে উষ্ণতামিতিক, বা তাপমিতিক ধর্ম বলে এবং যে সকল পদার্থের তাপমিতিক ধর্ম ব্যবহার করে থার্মোমিটার তৈরি করা হয় তাদেরকে তাপমিতিক পদার্থ বলে।

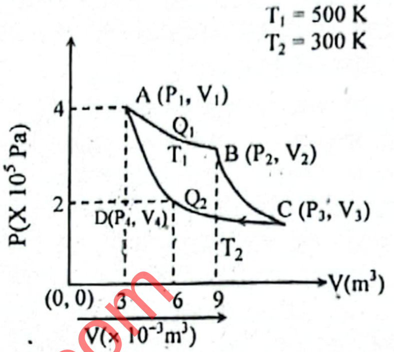
পারদ একটি উত্তম তাপমিতিক পদার্থ। পারদ থার্মোমিটার তৈরিতে পারদের প্রসারণকে তাপমিতিক ধর্ম হিসেবে ব্যবহার করা হয়। তাপমাত্রা বাড়লে পারদের আয়তন বাড়ে বা প্রসারণ ঘটে। তাপমাত্রা কমলে আয়তন কমে। তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে পারদের আয়তন সুষমভাবে পরিবর্তিত হয়। এজন্য তাপমিতিক পদার্থ হিসেবে পারদ ব্যবহার সুবিধাজনক।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৭০ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▮ প্রশ্ন নং ১

একটি পিস্টন যুক্ত সিলিন্ডারে দুই মোল N_2 গ্যাস নিয়ে P – V এর লেখচিত্র নিম্নে প্রদর্শিত হলো–



ক. ধারকত্ব কাকে বলে? ১

খ. $C_p > C_v$ কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে BC অংশের জন্য কৃতকাজ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের চিত্রটি প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের চক্র কি না- গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাই ঐ পরিবাহীর বা ধারকের তড়িৎ ধারকত্ব বা সংক্ষেপে ধারকত্ব।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলা হয়।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ, 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_V, C_P এর চেয়ে কম হয় বা, $C_P > C_V$ হয়।

গ ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8310 J।

ঘ ১৯(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** AB সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির পরিরর্তন, $\Delta S_{AB} = 18.26\ JK^{-1}$, BC রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_{BC} = 0\ JK^{-1}$, CD সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির পরিবর্তন $\Delta S_{CD} = -\ 27.96\ JK^{-1}$ এবং DA রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_{DA} = 0\ JK^{-1}$।

$$\begin{aligned}\Delta S &= S_{AB} + S_{BC} + \Delta S_{CD} + \Delta S_{DA}\\ &= 18.26 + 0 - 27.96 + 0\\ &= -9.7\ JK^{-1} \neq 0\end{aligned}$$

সুতরাং, চিত্রটি প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিনের চক্র নয়।

প্রশ্ন ▸ ৭১ নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ ▌ প্রশ্ন নং ১

0.5 kg ভরের এক টুকরা বরফকে 55°C তাপমাত্রার 9.15 kg পানিতে ছেড়ে দেওয়া হলো। এতে মিশ্রণের তাপমাত্রা পাওয়া গেল 43°C ।(সংশোধিত)

ক. কার্ণো চক্র কাকে বলে? ১

খ. $C_p > C_v$ হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মিশ্রণের পূর্বে বরফের তাপমাত্রা কত ছিল? ৩

ঘ. উক্ত ঘটনায় পরিবেশের ভারসাম্য বজায় থাকবে কি-না? এনট্রপির আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফরাসি বিজ্ঞানী সাদি কার্ণো সকল দোষ ত্রুটি মুক্ত একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা করেন। এ ইঞ্জিনের চার ঘাতবিশিষ্ট যে চক্রের মাধ্যমে কার্য সম্পাদন হয় তাকে কার্ণো চক্র বলে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আঁপেক্ষিক তাপ বলা হয়। স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়।
অর্থাৎ, 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_P, C_V এর চেয়ে বেশি হয় বা, $C_P > C_V$ হয়।

গ ধরি, মিশ্রণের পূর্বে বরফের তাপমাত্রা T′ ছিল।
আমরা জানি,

মোট বর্জিত তাপ = মোট গৃহীত তাপ

$m_2 s_w(T_1 - T_2) = m_1 s_i (0 - T') + m_1 l_f + m_1 s_w (T_2 - 0)$

বা, $9.5 \times 4200 \times (55 - 43) = 0.5 \times 2100 (0 - T') + 0.5 \times 3.36 \times 10^5 + 0.5 \times 4200 \times (43 - 0)$

বা, $461160 = -1050T' + 258300$

বা, $T' = \frac{258300 - 461160}{1050}$

$= 193.2°C$ **(Ans.)**

এখানে,
বরফের ভর, $m_1 = 0.5$ kg
আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 55°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 43°C$
পানির ভর, $m_2 = 9.5$ kg
পানির আদি তাপমাত্রা, $T'_1 = 55°C$
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$l_f = 3.36 \times 10^5\ Jkg^{-1}$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s_w = 4200\ Jkg^{-1}\ K^{-1}$
বরফের আপেক্ষিক তাপ,
$s_i = 2100\ Jkg^{-1}\ K^{-1}$

ঘ 'গ' হতে পাই, বরফের আদি তাপমাত্রা, $T_1 = -193.2°C = 79.8K$

79.8°C তাপমাত্রার বরফকে T = 0°C = 273K তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_1 = m_1 s_i \ln\frac{T}{T_1}$$
$$= 0.5 \times 2100 \times \ln\frac{273}{79.8}$$
$$= 1291.45\ JK^{-1}$$

0°C তাপমাত্রার বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = \frac{dQ}{T} = \frac{m_1 l_f}{T}$$
$$= \frac{0.5 \times 3.36 \times 10^5}{273}$$
$$= 615.38\ JK^{-1}$$

এখানে,
বরফের ভর, $m_1 = 0.5$ kg
পানির ভর, $m_2 = 9.15$ kg
পানির আদি তাপমাত্রা, $T'_1 = 55°C = 328$ K
বরফ ও পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রা
$T_2 = 43°C = 316$ K
বরফের আপেক্ষিক তাপ,
$s_i = 2100\ Jkg^{-1}\ K^{-1}$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s_w = 4200\ Jkg^{-1}\ K^{-1}$
বরফ গলনের সুপ্ত তাপ,
$l_f = 3.36 \times 10^5\ Jkg^{-1}$

0°C তাপমাত্রার পানিকে $T_2 = 43°C = 316$ K তাপমাত্রার পরিণত করলে এনট্রপির পরিবর্তন, $dS_3 = m_1 s_w \ln\frac{T_2}{T}$

$$= 0.5 \times 4200 \times \ln\frac{316}{273}$$
$$= 307.16\ JK^{-1}$$

আবার, $T'_1 = 55°C = 328$ K তাপমাত্রার পানিকে 43°C পানিতে পরিণত করলে এনট্রপির পরিবর্তন, $dS_4 = m_2 s_w \ln\frac{T_2}{T_1'}$

$$= 9.15 \times 4200 \times \ln\frac{316}{328}$$
$$= -1432.33\ JK^{-1}$$

মোট এনট্রপির পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2 + dS_3 + dS_4$

$$= 1291.45 + 615.38 + 307.16 - 143$$
$$= 781.7\ JK^{-1} > 0$$

সুতরাং, উক্ত ঘটনায় পরিবেশের ভারসাম্য বজায় থাকবে না।

প্রশ্ন ▸ ৭২ শহীদ সৈয়দ নজরুল ইসলাম কলেজ, ময়মনসিংহ ▌ প্রশ্ন

একটি তাপ ইঞ্জিনের কার্যকরী পদার্থ 620 K তাপমাত্রার তাপ উৎস 1000 J তাপ গ্রহণ করে এবং 310 K তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে 50 তাপ বর্জন করে।

ক. তাপীয় সাম্যাবস্থা কী?

খ. রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. তাপ ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় করো।

ঘ. উদ্দীপকের ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী বিশ্লেষণ পূর্বক মতামত দাও।

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে অবস্থায় পরস্পরের সংস্পর্শে থাকা বস্তুগুলোর মধ্যে আদান প্রদান ঘটে না তাই তাপীয় সাম্যাবস্থা।

খ যে কোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ার জন্য, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ প্রযোজ্য। রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং $\Delta U + \Delta W = 0$ $\Delta U = -\Delta W$। সিস্টেম (গ্যাস) সংকুচিত হওয়ায় ΔW ঋণাত্মক, ΔU ধনাত্মক। অতএব, রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের শক্তি (ΔU) বৃদ্ধি পায়। প্রকৃতপক্ষে সংকোচনের ফলে সিস্টেমের কার্য সম্পাদিত হয় যা অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর: দক্ষতা 50%।**

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} = 1.612$; তাই ইঞ্জিনটি প্রত্যাগামী হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৩ সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর ▌ প্রশ্ন

30°C তাপমাত্রায় 0.5 kg পানিকে স্বাভাবিক চাপে 2000 cm^3 বাষ্পে পরিণত করা হলো। এই প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের অন্তঃস্থ পরিবর্তন 1.28×10^8 J।

ক. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কী?

খ. মহাশূন্যযানের পৃষ্ঠ উজ্জ্বল এবং মসৃণ করে তৈরি কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত প্রক্রিয়ায় কৃতকাজের পরিমান নির্ণয়

ঘ. প্রক্রিয়াটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে সমর্থন করে গাণিতিকভাবে যুক্তির মাধ্যমে মতামত দাও।

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াই হলো প্রত্যাগামী বা প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

মহাশূন্যযানে তাপ নিয়ন্ত্রণ একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। মহাশূন্যে অনুপস্থিত থাকার কারণে তাপ বিনিময়ের একমাত্র মাধ্যম বিকিরণ। মহাশূন্যযানের পৃষ্ঠ উজ্জ্বল থাকলে সূর্যের তাপ বিকিরণ লিত করতে সাহায্য করে, ফলে মহাশূন্যযান অতিরিক্ত গরম হয় আবার মসৃণ পৃষ্ঠ কম বিকিরণ শোষণ করে এবং অধিকাংশ তাপ লিত করে, যা যানটিকে অতিরিক্ত উত্তপ্ত হওয়া থেকে রক্ষা করে। মহাশূন্যযানকে চরম তাপমাত্রার প্রভাব থেকে সুরক্ষিত রাখার জন্য পৃষ্ঠ উজ্জ্বল ও মসৃণ রাখা হয়।

সিস্টেমের আদি আয়তন,

$$V_1 = \frac{m}{\rho} = \frac{0.5}{1000}$$
$$= 0.5 \times 10^{-3}\ m^3$$

এখানে,
পানির ভর, $m = 0.5\ kg$
চাপ, $P = 101.325 \times 10^3\ Pa$
চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = 2000\ cm^3$
$= 2000 \times 10^{-6}\ m^3$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$

কাজ, $\Delta W = P(V_2 - V_1)$
$$= 101.325 \times 10^3 (2000 \times 10^{-6} - 0.5 \times 10^{-3})$$
$$= 151.98 \approx 152\ J\ \textbf{(Ans.)}$$

'গ' হতে পাই, কৃতকাজ, $\Delta W = 152\ J$

ত তাপ,

$$Q_1 = ms\Delta\theta$$
$$= ms\,(T_2 - T_1)$$
$$= 0.5 \times 4200 \times (373 - 303)$$
$$= 1.47 \times 10^5\ J$$

বং $\Delta Q_2 = ml_v$
$$= 0.5 \times 2.26 \times 10^6$$
$$= 1.13 \times 10^6\ J$$

ট গৃহীত তাপ, $\Delta Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2$
$$= 1.47 \times 10^5 + 1.13 \times 10^6$$
$$= 1.277 \times 10^6\ J$$

এখানে,
পানির আদি তাপমাত্রা,
$T_1 = 30°C = 303K$
চূড়ান্ত তাপামাত্রা,
$T_2 = 100°C = 373\ K$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$
বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ,
$l_v = 2.26 \times 10^6\ Jkg^{-1}$
পানির ভর, $m = 0.5\ kg$
অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন,
$\Delta U = 1.28 \times 10^8\ J$

ন্তঃস্থ শক্তি $\Delta U'$ হলে তাপ গতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুসারে,

$$Q = \Delta U' + \Delta W$$

, $\Delta U' = \Delta Q - \Delta W = 1.277 \times 10^6 - 152$
$$= 1.2768 \times 10^6\ J \neq 1.28 \times 10^8\ J$$

খানে দেখা যাচ্ছে যে, $\Delta U' \neq \Delta U$

তরাং প্রক্রিয়াটি তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রকে সমর্থন করে না।

শ্ন ▶ ৭৪ রাজশাহী কলেজ ❚ প্রশ্ন নং ১

ক ব্যক্তি এনট্রপির পরিবর্তন পর্যবেক্ষণের জন্য 0°C তাপমাত্রায় 2 kg রের এক খণ্ড বরফ নিল। বরফ খণ্ডটিকে তাপ কুপরিবাহী পাত্রের তৈরি দ্যুতিক হিটারে তাপ দিয়ে গলিয়ে 0°C তাপমাত্রার পানিতে রূপান্তর রলেন। এরপর তিনি 0°C তাপমাত্রার 2 kg ভরের আরেক খণ্ড বরফকে কটি পর্বত হতে ফেলে দিয়ে দেখলেন যে বরফের মাত্র 50% গলেছে। এ ময় তার বন্ধু বললো, "দুই ক্ষেত্রে এনট্রপি পরিবর্তনের পরিমাণ ভিন্ন বে"। [বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ $= 336000\ J\ kg^{-1}$]

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. রুদ্ধতাপীয় লেখ সমোষ্ণ লেখচিত্র অপেক্ষা বেশী খাড়া হয় কেন— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বরফ খণ্ডকে কত উচ্চতার পর্বত হতে ফেলেছিল? ৩
ঘ. উদ্দীপকের তথ্য অনুযায়ী বন্ধুর মন্তব্যের যথার্থতা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে ত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে তিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত য় ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী বা প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ সমোষ্ণ লেখের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা স্থির থাকা সাপেক্ষে চাপের পরিবর্তন ধীরে ধীরে সংঘটিত হয়। সমোষ্ণ পরিবর্তনে (PV = ধ্রুবক), গ্যাস প্রয়োজনমত তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে তাপমাত্রা স্থির রাখে। কিন্তু রুদ্ধতাপীয় লেখের ক্ষেত্রে রুদ্ধতাপীয় পরিবর্তনে (PV^γ = ধ্রুবক) তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে এবং চাপ পরিবর্তন খুব দ্রুত করতে হয় যাতে বাইরের সাথে তাপ আদান প্রদানের সুযোগ না থাকে। এর ফলে দেখা যায় যে, রুদ্ধতাপীয় লেখ সমোষ্ণ লেখ অপেক্ষা γ গুণ খাড়া হয়।

গ মনে করি, বরফ খণ্ডটিকে h উচ্চতা থেকে ফেলে দেয়া হয়েছিল। যেহেতু 50% বরফ গলেছে, সুতরাং বলা যায়, সম্পূর্ণ বিভবশক্তিই এ পরিমাণ বরফ গলাতে ব্যয় হয়েছে।

∴ প্রশ্নানুসারে,

$$mgh = m'l_f$$
$$mgh = \frac{m}{2} l_f$$
$$\text{বা, } h = \frac{l_f}{2g} = \frac{336000}{2 \times 9.81}$$
$$= 17125.38\ m$$
$$= 17.12\ km\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
বরফের মোট ভর, $m = 2\ kg$
গলিত বরফের ভর
$m' = m$ এর $50\% = \frac{m}{2}$
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$l_f = 336000\ Jkg^{-1}$

ঘ

প্রথম ক্ষেত্রে, 0°C তাপমাত্রার 2kg বরফকে পানিতে পরিণত করায়, এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_1 = \frac{dQ}{T} = \frac{ml_f}{T}$$
$$= \frac{2 \times 336000}{273}$$
$$= 2461.54\ JK^{-1}$$

এখানে,
বরফের ভর, $m = 2\ kg$
তাপমাত্রা, $T = 273K$
'গ' হতে, 50% গলিত বরফের ভর $m' = \frac{m}{2}$
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$l_f = 336000\ Jkg^{-1}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, 2kg বরফের 50% গলাতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = \frac{dQ}{T} = \frac{m'l_f}{T} = \frac{\frac{m}{2} l_f}{T} = \frac{2 \times 336000}{2 \times 273} = 1230.769\ JK^{-1}$$

এখানে, $\Delta S_1 \neq \Delta S_2$

অতএব, দেখা যাচ্ছে দুই ক্ষেত্রে এন্ট্রপির পরিবর্তনের মান ভিন্ন হবে। তাই উক্ত মন্তব্যটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ৭৫ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর ❚ প্রশ্ন নং ৩

A ইঞ্জিন 600 K তাপমাত্রার তাপ উৎস হতে তাপ গ্রহণ এবং T তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে তাপ বর্জন করে। অপর একটি ইঞ্জিন B, T তাপমাত্রার তাপ উৎস থেকে তাপ গ্রহণ করে 150 K তাপমাত্রার তাপগ্রাহকে তাপ বর্জন করে।

ক. তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের সূচকীয় সূত্রটি বিবৃত কর। ১
খ. পরমাণু শক্তি স্তরের শক্তি ঋণাত্মক কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকে A ও B এর দক্ষতা সমান হলে T এর মান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে B ইঞ্জিন এর নিম্নতাপমাত্রা হতে উচ্চ তাপমাত্রায় 5 kg বরফকে নিতে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পাবে? উক্তিটি যথার্থ কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙন বা অবক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক। একে তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র বলে।

খ ইলেকট্রনের ভর m, শূন্যস্থানের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা ϵ_0, ইলেকট্রনের চার্জ e, প্লাংকের ধ্রুবক h হলে n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $E_k = \frac{me^4}{8\,n^2h^2\epsilon_0^2}$; এবং বিভব শক্তি, $E_p = -\frac{me^4}{4n^2h^2\epsilon_0^2}$

সুতরাং n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের মোট শক্তি, $E_T = E_K + E_P$

$$= \frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_0^2} - \frac{me^4}{4n^2h^2\epsilon_0^2} = -\frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_0^2}$$

$n^2, h^2, \epsilon_0^2, m, e^4$ সকল রাশির মান ধনাত্মক হওয়ায় স্পষ্টত, পরমাণুর শক্তি স্তরের মোট শক্তি E_T ঋণাত্মক। পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট শক্তি সর্বদা ঋণাত্মক হওয়ার অর্থ হলো— উক্ত ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে বাইরে থেকে শক্তি খরচ করতে হয়।

গ A ইঞ্জিনের দক্ষতা η_1

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

এবং B ইঞ্জিনের দক্ষতা η_2 হলে,

$$\eta_2 = 1 - \frac{T'_2}{T'_1}$$

শর্তমতে, $\eta_1 = \eta_2$

বা, $1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{T'_2}{T'_1}$

বা, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{T'_2}{T'_1}$

এখানে,
A ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 600$ K ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = T$ K
B ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1' = T$ K ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T'_2 = 150$ K

বা, বা, $\frac{T}{600} = \frac{150}{T}$ বা, $T^2 = 150 \times 600$ বা, $T = 300$ K (**Ans.**)

ঘ B ইঞ্জিনের নিম্ন তাপমাত্রা $T_1 = 150$K থেকে $T_2 = 273$K তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_1 = ms_l ln\frac{T_2}{T_1}$$

$$= 5 \times 2100 \times \ln\frac{273}{150}$$

$= 6287.78$ JK^{-1}

এখানে,
B ইঞ্জিনের নিম্নতাপমাত্রা, $T_1 = 150$ K
B ইঞ্জিনের উচ্চ তাপমাত্রা $T_3 = 300$K
বরফের গলনাংক, $T_2 = 273$ K
বরফ, গলনের সুপ্ততাপ,
$l_f = 336000$ Jkg^{-1}
বরফের আপেক্ষিক তাপ,
$s_l = 2100$ Jkg^{-1} K^{-1}
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s_w = 4200$ Jkg^{-1}K^{-1}
বরফের ভর, $m = 5$ kg

বরফকে $T_2 = 273$K তাপমাত্রায় পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = \frac{ml_f}{T_2} = \frac{5 \times 336000}{273} = 6153.85 \text{ JK}^{-1}$$

$T_2 = 273$ K তাপমাত্রার পানিকে $T_3 = 300$ K তাপমাত্রায় নিলে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_3 = ms_w \ln\frac{T_3}{T_2} = 5 \times 4200 \times \ln\frac{300}{273} = 1980.52 \text{ JK}^{-1}$$

মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$
$= 6287.78 + 6153.85 + 1980.52$
$= 14422.15$ JK^{-1}

এখানে, এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S > 0$। অর্থাৎ, এন্ট্রপি বৃদ্ধি পাবে। সুতরাং উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▸ ৭৬ ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষ্মীপুর ‖ প্রশ্ন নং ১

ল্যাবরেটরিতে কাজ করছিল একাদশ শ্রেণির ছাত্র ফাহিম। সে 0°C তাপমাত্রার 800 gm বরফকে তাপ দিয়ে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করলো। [$l_f = 336000$ Jkg^{-1} ও $l_v = 2268000$ Jkg^{-1}]

ক. মোলার আপেক্ষিক তাপ কী? ১
খ. $C_p > C_v$ ব্যাখ্যা কর। ২
গ. সম্পূর্ণ বরফকে বাষ্পে পরিণত করতে কত তাপের প্রয়োজন নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বরফকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চাপ বা আয়তন স্থির রেখে এক মোল গ্যাসের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে যতটুকু তাপের প্রয়োজন হয়, তাই হলো মোলার আপেক্ষিক তাপ হলো।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলা হয়। স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তা প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়।
অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের ক্ষে যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতু তাপ। এই কারণে C_V, C_P এর চেয়ে কম হয় বা, $C_V < C_P$ হয়।

গ ৩৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর : 2419200 J।**

ঘ 0°C তাপমাত্রার 0.8 kg বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_1 = \frac{ml_f}{T_1}$

$$= \frac{0.8 \times 336000}{273}$$

$= 984.6$ JK^{-1}

বরফখন্ডের ভর,
$m = 800$ gm $= 0.8$ kg
$l_f = 336000$ Jkg^{-1}
$l_v = 2268000$ Jkg^{-1}
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$S = 4200$ Jkg^{-1}K^{-1}

0°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C এ উন্নীত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = ms\ln\frac{T_2}{T_1}$$

$$= 0.8 \times 4200 \times \ln\frac{373}{273} = 1048.68 \text{ JK}^{-1}$$

অত:পর 100°C তাপমাত্রার পানিকে বাষ্পে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_3 = \frac{ml_v}{T_2} = \frac{0.8 \times 2268000}{373} = 4864.34$ JK^{-1}

অতএব, মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$
$= (984.6 + 1048.68 + 4864.34)$ JK^{-1} $= 6897.62$ JK^{-1}

সুতরাং, মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন $\Delta S = 6897.62$ JK^{-1}।

প্রশ্ন ▸ ৭৭ ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষ্মীপুর ‖ প্রশ্ন নং ২

একটি কার্নো ইঞ্জিন প্রতি চক্রে তাপ উৎস হতে 500K তাপমাত্রার 1000 J তাপ গ্রহণ করে এবং নিম্ন তাপমাত্রার আধারে 300K তাপমাত্রায় 600 J তাপ বর্জন কর।

ক. তাপীয় ইঞ্জিন কী? ১
খ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপি স্থির থাকে— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. একটি পূর্ণচক্রে কৃতকাজ ও ইঞ্জিনটির দক্ষতা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব কি-না গাণিতিকভাবে যাচাই করে। ৪

৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্রের সাহায্যে তাপ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যা তাই তাপীয় ইঞ্জিন।

খ আমরা জানি, কোনো সিস্টেমের এনট্রপির পরিবর্তন, $dS = \frac{dQ}{T}$
লক্ষণীয়, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, সিস্টেমের সাথে পরিপার্শ্বের কোনে তাপীয় বিনিময় হয় না। অর্থাৎ, $dQ = 0$। সুতরাং, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $dS = \frac{0}{T} = 0$। অর্থাৎ, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় এনট্রপি স্থির থাকে।

গ আমরা জানি,

দক্ষতা, $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$

$= \left(1 - \frac{300}{500}\right) \times 100\%$

$= 40\%$

আবার, একটি পূর্ণচক্রে ইঞ্জিনটির কৃতকাজ, W = গৃহীত তাপ – বর্জিত তাপ $= Q_1 - Q_2$
$= (1000 - 600)$ J $= 400$ J

এখানে,
ইঞ্জিনটির তাপ উৎসের তাপমাত্রা
$T_1 = 500$K
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 300$K
গৃহীত তাপ, $Q_1 = 1000$ J
বর্জিত তাপ, $Q_2 = 600$ J
কৃতকাজ, W = ?
দক্ষতা, η = ?

সুতরাং, একটি পূর্ণচক্রে কৃতকাজ 400 J এবং ইঞ্জিনটির দক্ষতা 40%। (Ans

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত ইঞ্জিনটির দক্ষতা 40%। দক্ষতা দ্বিগুণ করলে ন দক্ষতা হবে $\eta = 2 \times 40\% = 80\% = 0.8$ ইঞ্জিনটির তাপ উৎ তাপমাত্রা একই রেখে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা পরিবর্তন করে দক্ষ দ্বিগুণ করা যায়। সেক্ষেত্রে

$1-\frac{T_2'}{T_1}=0.8$

$1-\frac{T_2'}{500}=0.8$

$T_2'=100\text{ K}$

এখানে,
ইঞ্জিনটির তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1=500\text{K}$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2=300\text{K}$

নিম্ন তাপমাত্রা অর্জন করা প্রায় অসম্ভব।

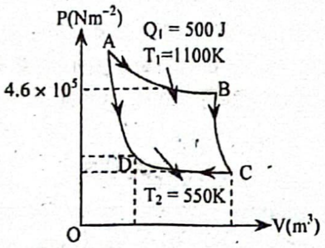
দিকে তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা ঠিক রেখে তাপ উৎসের তাপমাত্রা বর্তন করে দক্ষতা দ্বিগুণ করার ক্ষেত্রে,

$1-\frac{T_2}{T_1'}=0.8$ বা, $1-\frac{300}{T_1'}=0.8$

$T_1'=1500\text{ K}$

উচ্চ তাপমাত্রা অর্জন করতে অনেক কাজ সম্পাদন করতে হবে। এব বলা যায়, তাত্ত্বিকভাবে ইঞ্জিনটির দক্ষতা দ্বিগুণ করা সম্ভব লেও বাস্তবে তা কঠিন হবে।

▶ ৭৮ সরকারি জিয়া মহিলা কলেজ, ফেনী ‖ প্রশ্ন নং ১



ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কাকে বলে? ১
খ. জগতের এনট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. C বিন্দুতে চাপ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. প্রতিটি ধাপে এন্ট্রপি হিসাব করে ইঞ্জিনটির প্রত্যাগামিতা কী যাচাই করা সম্ভব? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক তোমার মতামত দাও। ৪

৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

২৮ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

▶ ৭৯ চট্টগ্রাম কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ১

দনী কক্ষ তাপমাত্রায় 1 kg পানিকে বাষ্পে পরিণত করলো। আর রোদেলা 0°C তাপমাত্রার 1 kg বরফকে বাষ্পে পরিণত করে সম্পূর্ণ বাষ্পকে আবার 0°C তাপমাত্রার বরফে পরিণত করলো [কক্ষ তাপমাত্রা 28°C, বরফ গলনের সুপ্ততাপ $3.36\times10^5\text{ Jkg}^{-1}$, পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ $2.268\times10^6\text{ Jkg}^{-1}$, পানির আপেক্ষিক তাপ $4200\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$।]

ক. তাপমিতিক ধর্ম কী? ১
খ. "জগতের তাপীয় মৃত্যু এনট্রপির ফল" কেন ব্যাখ্যা কর। ২
গ. চাঁদনীর ক্ষেত্রে কতটুকু তাপ ব্যয় হয়েছিল — বের কর? ৩
ঘ. "প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এনট্রপির মান স্থির থাকে আর অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় এনট্রপির মান বৃদ্ধি পায়" — চাঁদনী ও রোদেলা উভয়ের কার্যক্রমকে গাণিতিক ব্যাখ্যা করে উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর। ৪

৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর

উষ্ণতার পরিবর্তনে পদার্থের যে ধর্ম নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় এবং যে ধর্মের পরিবর্তন লক্ষ করে সহজ ও সূক্ষ্মভাবে উষ্ণতা নির্ণয় করা য় তাই তাপমিতিক ধর্ম।

তাপ উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে পরিবাহিত হওয়ার ফলে সর্বদাই এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায় এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ে। কৃতিতে সর্বদাই উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে তাপ সঞ্চালিত হচ্ছে, লে সর্বদাই বিশ্বের এনট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং কিছু তাপ কাজে পান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ছে। এভাবে এনট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে ত এমন একদিন আসবে যখন এনট্রপির মান সর্বোচ্চে পৌছবে এবং কল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হবে। ফলে তাপ থাকবে কিন্তু কাজ করার তো কোনো শক্তিই আর পাওয়া যাবে না। এ অবস্থাকে কেলভিন বিশ্বের তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করেছেন যা কিনা এনট্রপির ফল।

গ ৩৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $2.5704\times10^6\text{ J}$।

ঘ চাঁদনীর ক্ষেত্রে—

28°C বা 301K তাপমাত্রার 1 kg পানিকে 100°C বা 373K তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন হলো, ΔS_1

$=ms\,ln\frac{T_2}{T_1}$

$=1\times4200\times ln\frac{373}{301}$

$=900.77\text{ JK}^{-1}$

এখানে,
বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $l_f=3.36\times10^5\text{ Jkg}^{-1}$
ভর, $m=1\text{ kg}$
পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ, $l_v=2.268\times10^6\text{ Jkg}^{-1}$
পানির আপেক্ষিক তাপ, $s=4200\text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
কক্ষ তাপমাত্রা, $T_1=28°\text{C}$
$=301\text{K}$
$T_2=373\text{K}$
$T=273\text{K}$

100°C বা 373K তাপমাত্রার পানিকে 373K তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2=\frac{ml_v}{T_2}=\frac{1\times2.268\times10^6}{373}=6080.43\text{ JK}^{-1}$$

$\therefore$ মোট এনট্রপির পরিবর্তন $\Delta S=\Delta S_1+\Delta S_2$

$$=900.77+6080.43=6981.19\text{ JK}^{-1}$$

রোদেলার ক্ষেত্রে,

0°C তাপমাত্রার 1 kg বরফকে সম্পূর্ণ বাষ্পে পরিণত করতে মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন হলো $\Delta S_1'=\frac{ml_f}{T}+ms\,ln\frac{T_2}{T}+\frac{ml_v}{T_2}$

$$=\frac{1\times3.36\times10^5}{273}+1\times4200\times ln\left(\frac{373}{273}\right)+\frac{1\times2.268\times10^6}{373}$$

$=8622.04\text{ JK}^{-1}$

এবং পরবর্তীতে বাষ্পকে সম্পূর্ণরূপে বরফে পরিণত করতে মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন হলো,

$$\Delta S_2'=-\frac{ml_v}{T_2}+ms\,ln\frac{T}{T_2}-\frac{ml_f}{T}$$

$$=-\frac{1\times2.268\times10^6}{373}+1\times4200\ln\left(\frac{273}{373}\right)-\frac{1\times3.36\times10^5}{273}$$

$\therefore\ \Delta S_2'=-8622.04\text{ JK}^{-1}$

অতএব রোদেলার ক্ষেত্রে মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S'=\Delta S_1'+\Delta S_2'=0$

তাই বলা যায় রোদেলার কার্যক্রমটি একটি প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া কারণ এতে এন্ট্রপি স্থির থাকে। অন্যদিকে চাঁদনীর কার্যালাপে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়। তাই এটি অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। সুতরাং উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ৮০ চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ১

7°C তাপমাত্রায় 20 gm NH_3 গ্যাসকে রুদ্ধতাপ ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে অর্ধেক করা হলো। NH_3 এর আণবিক ভর 17 gm/mol.

ক. নির্দেশক চিত্র কাকে বলে? ১
খ. সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যর আলো ধাতবপৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেক্ট্রন নির্গত হবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ৩
ঘ. কোন প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পন্ন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ পূর্বক মতামত দাও। ৪

৮০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপগতীয় প্রক্রিয়াকে PV লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করাকে সূচক চিত্র বা নির্দেশক চিত্র বলে।

খ সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট আলো ধাতবপৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হবে না। কারণ আমরা জানি আপতিত আলোর শক্তি, E তরঙ্গদৈর্ঘ্যের (λ) ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ তরঙ্গদৈর্ঘ্য বাড়লে শক্তি কমে। তাই সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হলে, তার শক্তি কম হবে তাই সেক্ষেত্রে ধাতবপৃষ্ঠ হতে ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

গ ৩৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 351.96K

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ 1898.34 J এবং রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ 2132.89 J। অতএব রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮১ **সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ১**

40°C তাপমাত্রার 0.01 kg পানিকে স্বাভাবিক চাপে 3×10^{-3} m^3 আয়তনের বাষ্পে পরিণত করা হলো। এ প্রক্রিয়ায় অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন 1.28×10^4 J। পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ, $L_v = 2.26 \times 10^6$ Jkg^{-1} এবং পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 Jkg^{-1}K^{-1}

ক. পরখ চার্জ কাকে বলে? ১

খ. পৃথিবীর তড়িৎ বিভব শূন্য ধরা হয় কেন— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের পানিকে বাষ্পে পরিণত করতে এন্ট্রপির পরিবর্তন কত হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রকে সমর্থন করে কি-না যাচাই করো। ৪

৮১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা পরিমাপ করার জন্য যে বিন্দু চার্জ স্থাপন করা হয় তাকে পরখ চার্জ বলে।

খ পৃথিবী একটি অতিকায় গোলক। পৃথিবীর সুবিশাল আকৃতির জন্য এতে অল্প পরিমাণ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান প্রবেশ করলে বা অল্প পরিমাণ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান সরিয়ে নিলে এর বিভব এর কোন পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ পৃথিবীর বিভব একটি ধ্রুব সংখ্যা। পরিমাপের সুবিধার জন্য পৃথিবীর এ ধ্রুব তড়িৎ বিভবকে শূন্য ধরা হয়।

গ 40 °C তাপমাত্রা পানিকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_1 = ms \ln\frac{T_2}{T_1}$$

$$= 0.01 \times 4200 \times \ln\frac{373}{313}$$

$$= 7.36 \text{ JK}^{-1}$$

এখানে,
তাপমাত্রা, $T_1 = 40°C$
$= 40 + 273 = 313K$
$T_2 = 100°C$
$= 100 + 273 = 373K$
পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$l_V = 2.26 \times 10^6$ Jkg^{-1}
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200$ Jkg^{-1}K^{-1}
পানির ভর, m = 0.01 kg

100°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করলে এন্ট্রপির পরিবর্তন,

$$dS_2 = \frac{dQ}{T} = \frac{ml_v}{T_2} = \frac{0.01 \times 2.26 \times 10^6}{373} = 60.58 \text{ JK}^{-1}$$

এন্ট্রপির মোট পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2 = (7.36 + 60.58)$
$= 67.94$ JK^{-1} **(Ans.)**

ঘ 40°C তাপমাত্রার 0.01 kg পানিকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$$dQ_1 = ms\Delta\theta$$
$$= 0.01 \times 4200 \times 60 = 2520 \text{ J}$$

আবার, 100°C তাপমাত্রার 0.01 kg পানিকে বাষ্পে

এখানে,
পানির ভর, m = 0.01 kg
আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200$ Jkg^{-1}K^{-1}
তাপমাত্রার পার্থক্য,
$\Delta\theta = (100-40) = 60$ K
বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$l_v = 2.26 \times 10^6$ Jkg^{-1}

রূপান্তর করতে প্রয়োজনীয় তাপ, $dQ_2 = ml_v$
$= 0.01 \times 2.26 \times 10^6 = 22600$

∴ মোট শোষিত তাপ, $dQ = dQ_1 + dQ_2$
$= (2520 + 22600) = 25120$ J

40°C তাপমাত্রায় পানির আয়তন V_1 হলে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

বা, $V_1 = \frac{V_2}{T_2} \times T_1$

$$= \frac{3 \times 10^{-3}}{373} \times 313$$

$$= 2.51 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

এখানে,
আদি তাপমাত্রা,
$T_1 = 40°C = 313K$
শেষ তাপমাত্রা,
$T_2 = 100°C = 373K$
শেষ আয়তন, $V_2 = 3 \times 10^{-3}$ m^3
চাপ, P = 101325 Pa

∴ পানিকে বাষ্পে পরিণত করতে কৃতকাজ,

$$dW = PdV = P(V_2 - V_1)$$
$$= 101325 \times (3 \times 10^{-3} - 2.51 \times 10^{-3}) = 49.65 \text{ J}$$

∴ পানিকে বাষ্পে পরিণত করতে সিস্টেমের গৃহীত তাপ,

$$dQ' = dU + dW$$
$$= 1.28 \times 10^4 + 49.65$$
$$= 12849.65 \text{ J}$$

এখানে,
অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন,
$dU = 1.28 \times 10^4$ J

দেখা যাচ্ছে, $dQ \neq dQ'$

তাই বলা যায়, উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটি তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র সমর্থন করে না।

প্রশ্ন ▶ ৮২ **সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং**

28°C কক্ষ তাপমাত্রায় একটি কক্ষে দুটি রেফ্রিজারেটর রাখা আছে। একটি রেফ্রিজারেটর 0°C তাপমাত্রার 2 kg পানিকে বরফে পরিণত করছে। অন্য রেফ্রিজারেটরটি 3500 J তাপ গ্রহণ করে 5200 J তাপ পরিবেশে ছেড়ে দেয়। [$L_f = 3.36 \times 10^5$ Jkg^{-1}]

ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি লেখো।

খ. C_P, C_V এর চেয়ে বেশি কেন, তার ভৌত ব্যাখ্যা দাও।

গ. ১ম রেফ্রিজারেটরের জন্য বর্জিত তাপ নির্ণয় করো।

ঘ. কোন রেফ্রিজারেটরটি বেশি সাশ্রয়ী গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও।

৮২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলা হয়।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদিত হয়। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

∴ $C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_P, C_V এর চেয়ে বেশি হয়।

গ 0°C তাপমাত্রার 2 kg পানিকে বরফে পরিণত করতে কৃতকাজ,

$$W = mL_f = 2 \times 3.36 \times 10^5$$
$$= 6.72 \times 10^5 \text{ J}$$

কার্যকৃত সহগ, $K = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$

$$= \frac{273}{301 - 273}$$
$$= 9.75$$

এখানে,
১ম রেফ্রিজারেটরের নিম্ন তাপমাত্রা,
$T_1 = 0°C = 273K$
উচ্চ তাপমাত্রা,
$T_2 = 28°C = 301K$
বরফ গলনের সুপ্ততাপ,
$L_f = 3.36 \times 10^5$ Jkg^{-1}
কৃতকাজ, W = ?
কার্যকৃত সহগ, K = ?
অপসারিত তাপ, Q_1 = ?
বর্জিত তাপ, Q_2 = ?

আবার,

$$K = \frac{Q_1}{W}$$

বা, $Q_1 = WK = 6.72 \times 10^5 \times 9.75$

∴ $Q_1 = 6.552 \times 10^6$ J

∴ বর্জিত তাপ, $Q_2 = Q_1 + W = 6.552 \times 10^6 + 6.72 \times 10^5$

বা, $Q_2 = 7.224 \times 10^6$ J

সুতরাং বর্জিত তাপ 7.224×10^6 J **(Ans.)**

২য় রেফ্রিজারেটরের ক্ষেত্রে,

$$K = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$
$$= \frac{3500}{5200 - 3500}$$

এখানে,
২য় রেফ্রিজারেটরের গৃহীত তাপ, $Q_2 = 3500$ J
বর্জিত তাপ, $Q_1 = 5200$ J
কার্যকৃত সহগ, K = ?

$K = 2.058$

হতে প্রাপ্ত ১ম রেফ্রিজারেটরের কার্যকৃত সহগ, K = 9.75। অতএব, রেফ্রিজারেটরটির যেহেতু কার্যকৃত সহগের মান বেশি তাই এটি শি সাশ্রয়ী হবে।

৮৩ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ১

কটি তাপ ইঞ্জিন 321°C তাপমাত্রার তাপ উৎস থেকে 521 J তাপ করে 21°C তাপমাত্রার তাপ গ্রাহকে 258 J তাপ বর্জন করে।

ক. আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে? ১
খ. C_p, C_v এর চেয়ে বড় কেন— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ইঞ্জিন দ্বারা কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ইঞ্জিনটির উৎসের তাপমাত্রা 100°C বৃদ্ধি করলে এর দক্ষতার কীরূপ পরিবর্তন হবে?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৩ নং প্রশ্নের উত্তর

একক ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ পের দরকার তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে।

C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে ক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে সের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলা হয়।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো সকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় বং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদিত হয়। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

∴ $C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_P, C_V এর চেয়ে বড় হয়।

৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 263 J।

৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: ইঞ্জিনটির দক্ষতা 7.13% বৃদ্ধি পাবে।

৮৪ ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ১

2×10^{-3} mol আদর্শ গ্যাসে 20.9 J তাপ সরবরাহ করার ফলে গ্যাসের য়তন 1 atm স্থির চাপে 63 cm^3 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 113 cm^3 হয়।

ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র লিখ। ১
খ. রেফ্রিজারেটরের কার্য সম্পাদন সহগ ব্যাখ্যা কর। ২
গ. আদর্শ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে আদর্শ গ্যাসটির প্রকৃতি নির্ণয় সম্ভব কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর

এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ বর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং ন্য কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে পান্তরিত করা যাবে।

খ রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ ও কম্প্রেসর কর্তৃক সরবরাহকৃত যান্ত্রিক কাজের অনুপাতকে রেফ্রিজারেটরের কার্য সম্পাদন সহগ বলে। একে K বা COP দ্বারা প্রকাশ করা হয়। রেফ্রিজারেটরের বাষ্পীভবন কুণ্ডলী হতে অপসারিত তাপ Q_1, কম্প্রেসর কর্তৃক সরবরাহকৃত কাজ W এবং ঘনীভবন কুণ্ডলীতে বর্জিত তাপ Q_2 হলে,

$Q_2 = Q_1 + W$ বা, $W = Q_2 - Q_1$

সুতরাং সূত্রানুসারে কার্যসম্পাদন সহগ, K বা COP

$$= \frac{\text{অপসারিত তাপ}}{\text{সরবরাহকৃত কাজ}} = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1}$$

গ আমরা জানি, স্থির চাপে কৃতকাজ

$$dW = P(V_2 - V_1)$$
$$= 1.01325 \times 10^5 \times (113 \times 10^{-6} - 63 \times 10^{-6})$$
$$= 5.066 \text{ J}$$

আবার, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র অনুসারে,

$$dQ = dU + dW$$
$$\text{বা, } dU = dQ - dW$$
$$= 20.9 - 5.066$$
$$= 15.834 \text{ J } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
সরবরাহকৃত তাপ, dQ = 20.9 J
চাপ, P = 1 atm $= 1.01325 \times 10^5$ Pa
আদি আয়তন, $V_1 = 63\ cm^3 = 63\times10^{-6}\ m^3$
পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = 113\ cm^3 = 113\times10^{-6}\ m^3$
অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন, dU = ?

ঘ আমরা জানি,
সমচাপ প্রক্রিয়ার জন্য,

$$PdV = nRT$$
$$\text{বা, } T = \frac{PdV}{nR}$$
$$= \frac{1.01325 \times 10^5 \times 50 \times 10^{-6}}{2\times10^{-3} \times 8.314}$$
$$= 304.68\text{K}$$

এখানে, গ্যাসের মোলসংখ্যা, $n = 2\times10^{-3}$ mol
সরবরাহকৃত তাপ, dQ = 20.9 J
চাপ, P = 1 atm $= 1.01325 \times 10^5$ Pa
আয়তনের পরিবর্তন, $dV = (113-63)\ cm^3 = 50\ cm^3 = 50 \times 10^{-6}\ m^3$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.314\ Jmol^{-1}K^{-1}$

স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ,

$$C_p = \frac{dQ}{ndT}$$
$$= \frac{20.9}{2\times10^{-3}\times 304.68}$$
$$= 34.298\ Jmol^{-1}K^{-1}$$

আবার, $C_p - C_v = R$

∴ স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ,

$$C_v = C_p - R = 34.298 - 8.314 = 25.984\ Jmol^{-1}K^{-1}$$

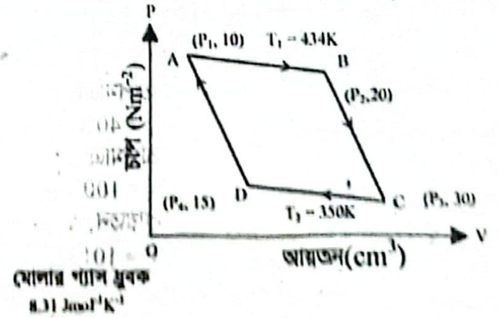
এখন,

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{34.298}{25.984} = 1.32 \approx 1.33$$

এখানে, $\frac{C_p}{C_v}$ এর অনুপাত বহুপরমাণুক গ্যাসের জন্য $\frac{C_p}{C_v}$ এর অনুপাতের সমান। সুতরাং, গ্যাসটি একটি বহু পারমাণবিক গ্যাস।

প্রশ্ন ▶ ৮৫ সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ১

তামিম নিচের লেখচিত্রের চক্রটি বিশ্লেষণ করে বলল, এটি কার্নোর চক্র।



ক. আধানের কোয়ান্টায়ন কী? ১

খ. সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমের উপর নির্ভরশীল কি না? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 1 মোল আদর্শ গ্যাসের জন্য উদ্দীপকের AB অংশে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তামিমের বিশ্লেষণ সঠিক ছিল কিনা এনট্রপি পরিবর্তনের সাপেক্ষে গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য করো। ৪

৮৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর আধানের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, এটি কেবলমাত্র 1.6×10^{-19} C এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয়টিই হলো আধানের কোয়ান্টায়ন।

খ আমরা জানি, সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon_0 KA}{d}$

যেখানে, ϵ_0 = শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা,
K = মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক,
A = যে কোনো পাতের ক্ষেত্রফল ও
d = পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব

লক্ষ করি, ϵ_0, A, d রাশিত্রয় মাধ্যমের ওপর নির্ভর না করলেও K মাধ্যমের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমের ওপর নির্ভরশীল।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 2499.86 J।

ঘ কার্নোর চক্র একটি প্রত্যাবর্তী চক্র। প্রত্যাবর্তী চক্রের মোট এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য। সুতরাং প্রদত্ত চক্রটি কার্নোর চক্র হবে যদি একটি পূর্ণ চক্রে মোটর এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য হয়।

আমরা জানি, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার এনট্রপির পরিবর্তন $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$ এবং

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta S = 0$

প্রদত্ত চক্রের AB অংশে (সমোষ্ণ প্রক্রিয়া) এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_1 = \frac{\Delta Q_{AB}}{T_1} = \frac{nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}{T_1}$$

$$= nR\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$= 1 \times 8.31 \times \ln\left(\frac{20}{10}\right)$$

$$= 5.76\ JK^{-1}$$

এখানে,
তাপমাত্রা, $T_1 = 434K$
$T_2 = 350K$
আয়তন, $V_1 = 10\ cm^3$
$V_2 = 20\ cm^3$,
$V_3 = 30\ cm^3$,
$V_4 = 15\ cm^3$
মোলার গ্যাস ধ্রুবক,
$R = 8.31\ Jmol^{-1}K^{-1}$
ধরি মোর সংখ্যা,
$n = 1$ mol

BC অংশে (রুদ্ধ তাপীয় প্রক্রিয়া) $dQ_{BC} = 0$ সুতরাং এনট্রপির পরিবর্তন, $\Delta S_2 = 0$

CD অংশে (সমোষ্ণ প্রক্রিয়া) এনট্রপির পরিবর্তন।

$$\Delta S_3 = \frac{\Delta Q_{CD}}{T_2} = \frac{nRT_2 \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)}{T_2} = nR\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$= 1 \times 8.31 \times \ln\left(\frac{15}{30}\right) = -5.76K^{-1}$$

DA অংশে (রুদ্ধ তাপীয় প্রক্রিয়া) $dQ_{DA} = 0$ সুতরাং এনট্রপির পরিবর্তন $\Delta S_4 = 0$

∴ ABCDA চক্রের মোট এনট্রপির পরিবর্তন

$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$

$= 5.76 + 0 - 5.76 + 0 = 0\ JK^{-1}$

যেহেতু চক্রের মোট এনট্রপির পরিবর্তন শূন্য তাই বলা যায় চক্রটি একটি কার্ণো চক্র। সুতরাং তামিমের বিশ্লেষণ সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▸ ৮৬ সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট ❚ প্রশ্ন ন

একটি কার্নো ইঞ্জিনের তাপ উৎস ও তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা যথাক্র 1200°C ও 600°C। এতে চারটি ধাপে সম্পাদিত কাজের পরি যথাক্রমে 1100 J, 1150 J, 600 J ও 300 J।

ক. এনট্রপি কাকে বলে?

খ. কোন ইঞ্জিনের দক্ষতা বলতে কী বোঝ?

গ. উদ্দীপকের কার্নো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণ করো।

ঘ. ইঞ্জিনের দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে তুমি এর উৎসের তাপমাত্রা বাড় নাকি গ্রাহকের তাপমাত্রা সমপরিমাণ কমাবে? তুলনামূল বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা করো।

৮৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তা এনট্রপি বলে।

খ একটি ইঞ্জিন তাতে প্রদত্ত বা শোষিত তাপশক্তির কত অংশ কা রূপান্তরিত করতে পারে তাকে ঐ ইঞ্জিনের দক্ষতা বলে। একে η দ্বা প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ $\eta = \frac{\text{কৃতকাজ}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}}$। বাস্তবে কোন ইঞ্জিনে দক্ষতা শতভাগ হতে পারে না। কারণ শোষিত তাপের কিছু অংশ ঘর্ষ বা তাপজনিত কারণে অপচয় হয়।

গ কার্নো ইঞ্জিনে W_1 ও W_2 আবদ্ধ গ্যাস দ্বারা কাজ হয় বলে ধনাত্মক হবে এবং W_3 ও W_4 আবদ্ধ গ্যাসের ওপর কাজ হয় বলে ঋণাত্মক হবে। ফলে কার্ণো ইঞ্জিনে আবদ্ধ গ্যাস দ্বারা মোট কৃতকাজ হবে–

$W = W_1 + W_2 - W_3 - W_4$

$= 1100 + 1150 - 600 - 300$

$= 1350$ J **(Ans.)**

এখানে,
সমোষ্ণ প্রসারণে কৃতকাজ,
$W_1 = 1100$ J
রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কৃতকা
$W_2 = 1150$ J
সমোষ্ণ সংকোচনে কৃতকাজ,
$W_3 = 600$ J
রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে কৃতকা
$W_4 = 300$ J
কার্ণো ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজ, W=?

ঘ কার্নো ইঞ্জিনটির বর্তমান দক্ষতা, η হলে, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$

$= \frac{1473 - 873}{1473} \times 100\%$

$= 40.73\%$

এখানে,
উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 1200°C$
$= (1200 + 273)K = 1473K$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা,
$T_2 = 600°C$
$= (600 + 273)K = 873K$

ধরি, সমপরিমাণ বৃদ্ধি বা হ্রাসকৃত তাপমাত্রা 100K।

সুতরাং, ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে এর তাপ গ্রাহকের তাপমা অপরিবর্তিত রেখে উৎসের তাপমাত্রা 100K বাড়ালে দক্ষতা হবে η'।

এতে উৎসের নতুন তাপমাত্রা $T_1' = (1473 + 100)K$
$= 1573K$

এক্ষেত্রে, ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $\eta' = \frac{T'_1 - T_2}{T_1'} \times 100\%$

$= \frac{1573 - 873}{1573} \times 100\%$

$= 44.50\%$

আবার, উৎসের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে তাপ গ্রাহকের তাপম 100K কমালে উৎসের নতুন তাপমাত্রা, $T_2' = (873 - 100)K = 773$

এক্ষেত্রে ইঞ্জিনটির দক্ষতা, $\eta'' = \frac{T_1 - T'_2}{T_1} \times 100\%$

$= \frac{1473 - 773}{1473} \times 100\%$

$= 47.52\%$

লক্ষ্য করি, $\eta'' > \eta'$

অতএব, উদ্দীপকে উল্লিখিত কার্ণো ইঞ্জিনটির দক্ষতা বৃদ্ধিকল্পে তা উৎসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি না করে গ্রাহকের তাপমাত্রা সমপরি কমাবো।

প্রশ্ন ▶ ৮৭ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ১

°C তাপমাত্রায় 20 gm, NH_3 গ্যাসকে রুদ্ধতাপীয় ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সংকুচিত করে অর্ধেক করা হলো।

ক. এনট্রপি কী? ১
খ. 'পৃথিবীর এনট্রপি দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে"-ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? ৩
ঘ. কোন প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পন্ন হয়েছে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৮৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাই এনট্রপি।

খ প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থায় থাকতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায়, ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়। সাম্যাবস্থায় পৌছালে সিস্টেম থেকে আর কোনো কাজই পাওয়া যাবে না। সিস্টেমের এই শক্তির রূপান্তরের অক্ষমতা বা অসম্ভাব্যতাই হচ্ছে এনট্রপি। এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায়, তাদের এনট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এনট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। অর্থাৎ, যখন কোনো সিস্টেম থেকে আর কাজ পাওয়া যায় না, তখন তার এনট্রপি হয় সর্বাধিক। আমরা জানি, সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন সর্বদা সাম্যাবস্থার দিকে পরিচালিত হয়। সুতরাং, সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনেই এনট্রপি বৃদ্ধি পায়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চায়, তাই বলা যায় যে, পৃথিবীর এনট্রপি দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে।

গ ৩৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 351.96K

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার কৃতকাজ 2132.89 J ও সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ 1898.34 J। সুতরাং রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বেশি কাজ সম্পন্ন হয়েছে।

প্রশ্ন ▶ ৮৮ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ২

0°C তাপমাত্রায় 505 gm বরফকে 47.5°C তাপমাত্রার 4.8 kg পানির সাথে মেশানো হলো। [বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ = 336000 Jkg^{-1}, পানির আপেক্ষিক তাপ = 4200 $Jkg^{-1}K^{-1}$ ও পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ = 2268000 $Jkg^{-1}K^{-1}$]

ক. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি বিবৃত কর। ১
খ. জগতের তাপীয় মৃত্যু বলতে কী বুঝ-ব্যাখ্যা করো। ২
গ. মিশ্রনর তাপমাত্রা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দিপকের আলোকে কীভাবে মিশ্রণের মোট এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তরিত করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক।

খ তাপ উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে পরিবাহিত হওয়ার ফলে সর্বদাই এনট্রপি বৃদ্ধি পায় এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ে। প্রকৃতিতে সর্বদাই উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে তাপ সঞ্চালিত হচ্ছে, ফলে সর্বদাই বিশ্বের এনট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ছে। এভাবে এনট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে হয়তো এমন একদিন আসবে যখন এনট্রপির মান সর্বোচ্চে পৌছবে এবং সকল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হবে। ফলে তাপ থাকবে কিন্তু কাজ করার মতো কোনো শক্তিই আর পাওয়া যাবে না। এ অবস্থাকে কেলভিন জগতের তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করেছেন।

গ ধরি, মিশ্রণের তাপমাত্রা T।
বরফের গৃহীত তাপ Q_1 হলে,
$Q_1 = m_1 l_f + m_1 s(T - T_1)$
$= m_1 l_f + m_1 s\,(T - 0)$
$= m_1 l_f + m_1 sT$
পানির বর্জিত তাপ Q_2 হলে,
$Q_2 = m_2 s\,(T_2 - T)$
ক্যালরিমিতির মূলনীতি অনুযায়ী
$Q_1 = Q_2$
বা, $m_1 l_f + m_1 sT = m_2 s(T_2 - T)$

এখানে,
বরফের ভর,
$m_1 = 505$ gm $= 0.505$ kg
পানির ভর, $m_2 = 48$ kg
বরফের তাপমাত্রা, $T_1 = 0°C$
পানির তাপমাত্রা, $T_2 = 47.5°C$
বরফগলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$l_f = 336000\ Jkg^{-1}$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$

বা, $0.505 \times 336000 + 0.505 \times 4200 \times T = 4.8 \times 4200\,(47.5 - T)$
বা, $169680 + 2121T = 957600 - 20160T$
বা, $22281T = 787920$
$\therefore T = 35.36°C$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, মিশ্রণের তাপমাত্রা, $T = 35.36° = 308.36K$

বরফ গলনে এনট্রপির পরিবর্তন,
$$\Delta S_1 = \frac{m_1 l_f}{T_1}$$
$$= \frac{0.505 \times 336000}{273}$$
$$= 621.54\ JK^{-1},$$
এরপর বরফের তাপমাত্রা 0°C = 273K থেকে T = 308.36K এ পৌছাতে এনট্রপির পরিবর্তন,
$$\Delta S_2 = m_1 s\, ln\frac{T}{T_1}$$
$$= 0.505 \times 4200 \times ln\frac{308.36}{273}$$
$$= 258.33\ JK^{-1}$$

এখানে,
বরফের ভর,
$m_1 = 505$ gm $= 0.505$ kg
পানির ভর, $m_2 = 4.8$ kg
বরফের তাপমাত্রা, $T_1 = 0°C$
$= 273K$
পানির তাপমাত্রা, $T_2 = 47.5°C$
$= 320.5K$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$s = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$
বরফগলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ,
$l_f = 336000\ Jkg^{-1}$

পানির তাপমাত্রা T_2 থেকে T তে আসলে এনট্রপির পরিবর্তন
$$\Delta S_3 = m_2 s\, ln\frac{T}{T_2} = 4.8 \times 4200 \times ln\frac{308.36}{320.5}$$
$$= -778.46\ JK^{-1}$$
সুতরাং, সিস্টেমের মোট এনট্রপির পরিবর্তন,
$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$$
$$= 621.54 + 258.33 + (-778.46) = 101.41\ JK^{-1}$$
অর্থাৎ, উদ্দীপকের আলোকে ভৌত অবস্থার পরিবর্তন এবং তাপমাত্রার পরিবর্তন বিবেচনায় রেখে মিশ্রণের মোট এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় করবো এবং এক্ষেত্রে এনট্রপির মান হবে 101.41 JK^{-1}।

প্রশ্ন ▶ ৮৯ বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ১

দুই বন্ধু X ও Y দুটি কার্ণো ইঞ্জিন A ও B নিয়ে কাজ করছে। A ইঞ্জিনটি 800K তাপমাত্রায় তাপ গ্রহণ করে এবং T তাপমাত্রায় তাপ গ্রাহকে তাপ বর্জন করে। B ইঞ্জিনটি A-এর ছেড়ে দেয়া তাপ গ্রহণ করে এবং 300K তাপমাত্রায় তাপ গ্রাহকে তাপ বর্জন করে।

ক. এনট্রপি কী? ১
খ. জগত প্রাকৃতিক নিয়মে তাপীয় মৃত্যুর দিকে এগিয়ে যাচ্ছে—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উভয় ইঞ্জিনের কাজের মান সমান হলে T তাপমাত্রার মান কত? ৩
ঘ. X বলল যেহেতু দুটি ইঞ্জিনের কাজের মান সমান তাই তাদের কর্মদক্ষতাও সমান হবে। Y তার সাথে একমত হলো না। কার বক্তব্য সঠিক গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৮৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাই এনট্রপি।

খ প্রকৃতিতে সর্বদাই উষ্ণ বস্তু হতে শীতল বস্তুতে তাপ সঞ্চালিত হচ্ছে। ফলে সর্বদাই বিশ্বের এন্ট্রপি বৃদ্ধি পাচ্ছে এবং কিছু তাপ কাজে রূপান্তরের অযোগ্য হয়ে পড়ছে। এভাবে এন্ট্রপি বৃদ্ধি পেতে পেতে হয়তো এমন এক সময় আসবে যখন এন্ট্রপির মান সর্বোচ্চে পৌছাবে এবং সকল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হবে। ফলে তাপ থাকবে ঠিকই, কিন্তু কাজ করার মতো কোনো শক্তিই আর পাওয়া যাবে না। এ অবস্থাকে বিজ্ঞানী কেলভিন বিশ্বের তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করেছেন। তাই বলা যায় যে, জগৎ প্রাকৃতি নিয়মে তাপীয় মৃত্যুর দিকে এগিয়ে যাচ্ছে।

গ A ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,

$$\frac{Q_1}{T_1}=\frac{Q_2}{T_2}$$

বা, $Q_1=\frac{T_1Q_2}{T_2}$

∴ $Q_1=\frac{800\,Q_2}{T}$

∴ কৃতকাজ, $W_1=Q_1-Q_2$

$$\left(\frac{800\,Q_2}{T}-Q_2\right)$$

একইভাবে B ইঞ্জিনের জন্য,

$$\frac{Q'_1}{T'_1}=\frac{Q'_2}{T'_2}$$

এখানে,
A ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1=800K$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2=T$
গৃহিত তাপ, Q_1
বর্জিত তাপ, Q_2
B ইঞ্জিনের তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T'_1=T_2=T$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T'_2=300K$
গৃহীত তাপ, $Q'_1=Q_2$
বর্জিত তাপ, Q'_2

বা, $Q'_2=T'_2\frac{Q'_1}{T'_1}$

বা, $Q'_2=\frac{300\,Q'_1}{T}=\frac{300\,Q_2}{T}$

কৃতকাজ, $W_2=Q'_1-Q'_2$

$$=Q_2-\frac{300\,Q_2}{T}$$

প্রশ্নমতে, $W_1=W_2$

বা, $\frac{800\,Q_2}{T}-Q_2=Q_2-\frac{300\,Q_2}{T}$

বা, $\frac{800}{T}-1=1-\frac{300}{T}$

∴ $T=550K$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

কর্মদক্ষতা, $\eta=\frac{W}{Q_1}=\frac{\text{কৃতকাজ}}{\text{গৃহীত তাপ}}$

A ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,
কর্মদক্ষতা $\eta_1=\frac{W}{Q_1}$

এখানে,
A ইঞ্জিনের গৃহিত তাপ, Q_1
বর্জিত তাপ, Q_2

B ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে,
$\eta_2=\frac{W}{Q'_1}=\frac{W}{Q_2}$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1=800K$
তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2=550K$ ('গ'
B ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে গৃহিত তাপ, $Q'_1=Q_2$

সুতরাং, $\frac{\eta_1}{\eta_2}=\frac{\frac{W}{Q_1}}{\frac{W}{Q_2}}=\frac{Q_2}{Q_1}$

আবার, $\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{T_2}{T_1}=\frac{550}{800}=\frac{11}{16}$

অতএব, $\frac{\eta_1}{\eta_2}=\frac{11}{16}$

সুতরাং, $\eta_2>\eta_1$ অর্থাৎ উভয় ইঞ্জিনের কৃতকাজ সমান হলেও এক নয়। তাই Y এর বক্তব্য সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ৯০ সরকারি বরিশাল কলেজ ❙ প্রশ্ন

সিয়াম 1 kg বরফকে –10°C তাপমাত্রা হতে 30°C তাপমাত্রার পরিণত করে। সামির 30°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করে। সিয়াম দাবি করলো তার বেশী শৃঙ্খল। ($S_w=4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$, $L_f=3.36\times10^5\ Jkg^{-1}$, S 2100 $Jkg^{-1}K^{-1}$, $L_v=2.26\times10^6\ Jkg^{-1}$)

ক. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি বিবৃত কর।
খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ এবং সংকোচন অন্তঃস্থ শক্তির ব্যাখ্যা করো।
গ. সামিরের প্রক্রিয়ায় মোট প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করো।
ঘ. সিয়ামের দাবী সঠিক কিনা- গাণিতিক বিশ্লেষণের যাচাই করো।

৯০ নং প্রশ্নের উত্তর

৩৪ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯১ থেকে ১২৯ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph2bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet

৯১. ঢাকা বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
৯২. ঢাকা বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৯৩. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
৯৪. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hsc
৯৫. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
৯৬. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৭	panjeree.com/hsc
৯৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৯৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hsc
৯৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১০০. সিলেট বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hsc
১০১. সিলেট বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১০২. যশোর বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১০৩. যশোর বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৬	panjeree.com/hsc
১০৪. বরিশাল বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hsc
১০৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১০৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১০৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১০৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১০৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১১০. সিলেট বোর্ড ২০১৯ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১১১. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
১১২. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট বোর্ড ২০১৮ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১১৩. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম, যশোর ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১১৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ ❙ প্রশ্ন নং ৮	panjeree.co
১১৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১১৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১১৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১১৯. সিলেট বোর্ড ২০১৭ ❙ প্রশ্ন নং ২	panjeree.co
১২০. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ ❙ প্রশ্ন নং ৮	panjeree.co
১২১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১২২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১২৩. যশোর বোর্ড ২০১৬ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১২৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১২৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co
১২৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ ❙ প্রশ্ন নং ২	panjeree.co
১২৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ ❙ প্রশ্ন নং ৩	panjeree.co
১২৮. যশোর বোর্ড ২০১৫ ❙ প্রশ্ন নং ২	panjeree.co
১২৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ ❙ প্রশ্ন নং ১	panjeree.co

অধ্যায় ২ স্থির তড়িৎ

বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

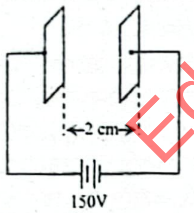
সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	২	১	২	১	১	১	১	১	১	১১
২০২৩	১	১	১	১	২	১	২	২	২	১৩
২০২২	১	১	২	২	১	২	১	১	২	১৩
২০২১	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	১	১	১	১	০	১	১	৭
২০১৮	১	–	০	১	০	০	১	০	০	৩
২০১৭	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৬	১	–	১	১	০	০	০	১	১	৫
২০১৫	০	–	১	১	০	০	১	১	১	৫
মোট প্রশ্ন	৮	৩	৯	৯	৬	৬	৭	৮	৯	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি এবং ২০২১ সালের NCTB প্রণীত পুনর্বিন্যাসকৃত সিলেবাসে অধ্যায়টি অন্তর্ভুক্ত করা হয়নি।

অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন▶১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ ‖ প্রশ্ন নং ২



চিত্র অনুযায়ী গঠিত ধারকে সঞ্চিত শক্তি পাওয়া গেল 9.96×10^{-9} J। ধারকত্ব বৃদ্ধির কৌশলস্বরূপ 2 mm পুরুত্বের এবং 4 পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকসম্পন্ন একটি বস্তু পাতদ্বয়ের মাঝে স্থাপন করা হলো।

ক. গাউসিয়ান তল কী? ১

খ. "চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য"— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ধারকের পাতের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ধারকত্ব বৃদ্ধির কৌশল সঠিক হয়েছিল কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্রানুসারে, কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের $\frac{1}{\epsilon_0}$ গুণের সমান। এ কল্পিত বন্ধ তলকে গাউসিয়ান তল বলে।

খ কোনো গোলাকার পরিবাহীর পৃষ্ঠে সুষমভাবে বণ্টিত চার্জ থেকে তড়িৎ বলরেখাগুলো এমনভাবে নির্গত হয়, যেন মনে হয় এগুলো কেন্দ্র থেকে নির্গত হচ্ছে। গোলকের কেন্দ্রে চার্জ স্থাপন করা হলেও গোলকের বাইরে বলরেখার সংখ্যা ও প্রকৃতি একই হতো। কিন্তু চার্জিত পরিবাহী গোলকের বলরেখা গুলো কেন্দ্র থেকে নির্গত হচ্ছে বলে মনে হলেও গোলকের ভেতরে কোনো বলরেখা থাকে না। তাই গোলকের ভেতরে কেন্দ্র থেকে পৃষ্ঠের মধ্যে যে কোনো দূরত্বে কোনো বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয়।

এ কারণেই চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য।

গ আমরা জানি, ধারকে সঞ্চিত শক্তি,

$$U = \frac{1}{2}CV^2$$

বা, $9.96 \times 10^{-9} = \frac{1}{2} \times C \times 150^2$

$\therefore C = 8.853 \times 10^{-13}$ F

এখানে,
সঞ্চিত শক্তি, $U = 9.96 \times 10^{-9}$ J
বিভব পার্থক্য, $V = 150$ V
$\therefore$ ধারকের ধারকত্ব, $C = ?$

এখন, সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্বের সূত্র অনুযায়ী,

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

বা, $A = \frac{Cd}{\varepsilon_0}$

বা, $A = \frac{8.853 \times 10^{-13} \times 0.02}{8.854 \times 10^{-12}}$

$\therefore A = 2.0 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$ **(Ans.)**

এখানে,
ধারকত্ব, $C = 8.853 \times 10^{-13}$ F
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2$ cm $= 0.02$ m
শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা,
$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ \text{C}^2\text{m}^{-2}\text{N}^{-1}$
$\therefore$ ধারকের পাতের ক্ষেত্রফল, $A = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 2.0 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$

আমরা জানি, আংশিক ডাই-ইলেকট্রিক পূর্ণ ধারকের ধারকত্ব

$$C' = \frac{\varepsilon_0 A}{d - t\left[1 - \frac{1}{k_e}\right]}$$

বা, $C' = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 2.0 \times 10^{-3}}{0.02 - 0.002\left[1 - \frac{1}{4}\right]}$

$\therefore C' = 9.572 \times 10^{-13}$ F

এখানে,
পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 2.0 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2$ cm $= 0.02$ m
পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক সম্পন্ন বস্তুর পুরুত্ব, $t = 2$ mm $= 0.002$ m
পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, $k_e = 4$
$\therefore$ ধারকত্ব, $C' = ?$

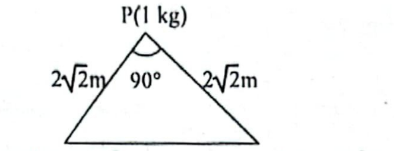
'গ' থেকে পাই, ধারকটির প্রাথমিক ধারকত্ব ছিল, $C = 8.853 \times 10^{-13}$ F

এখন, $\frac{C'}{C} = \frac{9.572 \times 10^{-13}}{8.853 \times 10^{-13}} = 1.08$

$\therefore C' > C$

সুতরাং ধারকত্ব বৃদ্ধির কৌশল সঠিক হয়েছিল।

প্রশ্ন ▸ ২ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৩



চিত্রে PQR একটি সমকোণী সমদ্বিবাহু ত্রিভুজ। চিত্রানুসারে P বিন্দুতে স্থাপিত বস্তুটি ভারসাম্যভাবে ঝুলে থাকবে কিনা তা পরীক্ষা করা হচ্ছিল।

ক. সান্ট কী? ১

খ. কার্শফের প্রথম সূত্র চার্জের সংরক্ষণ নীতি মেনে চলে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে বিভবের মান কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে স্থাপিত বস্তুটিকে শূন্যে ঝুলিয়ে রাখা যাবে কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাই সান্ট।

খ কার্শফের সূত্র অনুসারে কোনো বর্তনীর যেকোনো বিন্দু দিয়ে কোনো নির্দিষ্ট সময়ে আগত ও নির্গত মোট প্রবাহের যোগফল শূন্য, যেহেতু একই সময়ে প্রবাহের হিসাব করা হয়, তাই ঐ বিন্দুতে আগত ও নির্গত মোট চার্জের যোগফলও শূন্য হবে। অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে যে পরিমাণ চার্জ প্রবেশ করে, ঠিক সেই পরিমাণ চার্জ প্রস্থান করে। অতএব, বর্তনীতে কোনো অতিরিক্ত চার্জ সৃষ্টি বা কোনো চার্জের বিলোপ ঘটেনা। তাই বলা যায় যে, কার্শফের প্রথম সূত্র চার্জের সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে।

গ Q বিন্দুর q_1 চার্জ কর্তৃক P বিন্দুতে সৃষ্ট বিভব,

$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{PQ}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{1.5 \times 10^{-9}}{2\sqrt{2}}$

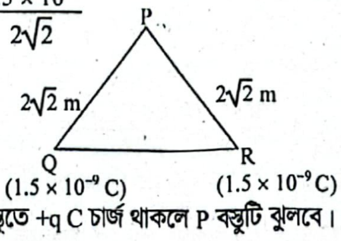
$= 4.773$ V

এখানে,
Q বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 1.5 \times 10^{-9}$ C
R বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 1.5 \times 10^{-9}$ C
দূরত্ব, $PQ = PR = 2\sqrt{2}$ m
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

এবং R বিন্দুর q_2 চার্জ কর্তৃক P বিন্দুতে সৃষ্ট বিভব,

$V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{AC} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.5 \times 10^{-9}}{2\sqrt{2}}$

$= 4.773$ V



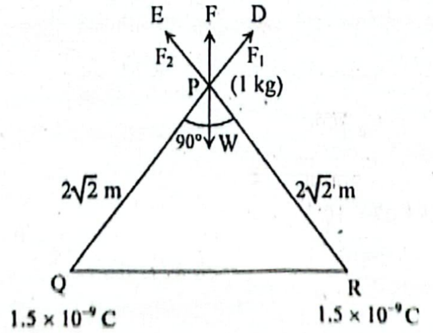
$\therefore$ P বিন্দুতে মোট বিভব,

$V = V_1 + V_2$

$= (4.773 + 4.773)$ V

$= 9.546$ V **(Ans.)**

ঘ ধরি, A বিন্দুতে স্থাপিত P বস্তুতে +q C চার্জ থাকলে P বস্তুটি ঝুলবে।



এখন, P ও Q বিন্দুর চার্জের মধ্যকার ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল,

$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_P q_Q}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{q \times 1.5 \times 10^{-9}}{(2\sqrt{2})^2}$

$= 1.6875$ q N [PD বরাবর]

এখানে,
P বিন্দুর চার্জ, $q_P = q$ C
Q বিন্দুর চার্জ, $q_Q = 1.676$
R বিন্দুর চার্জ, $q_R = 1.676$
দূরত্ব, $PQ = RP = r = 2\sqrt{2}$
P বস্তুর ভর, m = 1 kg

একইভাবে, P ও R বিন্দুর চার্জের মধ্যকার ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল,

$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_P q_R}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.5 \times 10^{-9} \times q}{(2\sqrt{2})^2}$

$= 1.6875$ q N [PE বরাবর]

এখন, F_1 ও F_2 এর মধ্যবর্তী কোণ $\angle EPD = \theta = 90°$

$\therefore$ P বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল,

$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 90°}$ [এখানে, $F_1 = F_2$]

$= \sqrt{F_1^2 + F_1^2} = \sqrt{2}F_1 = \sqrt{2} \times 1.6875$ qN

$= 2.386$ qN [$\because F_1 = F_2$ তাই লব্ধি বল F এর দিক হবে $\angle EPD$ এর সমদ্বিখণ্ডক বরাবর খাড়া উপরের দি

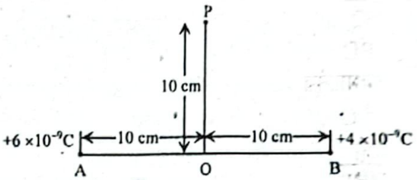
আবার, P বস্তুর ওজন, $W = mg = 1 \times 9.8 = 9.8$ N [নিচের দিকে]

P বস্তুটি শূন্যে ঝুলিয়ে রাখতে গেলে এর ওজন ও লব্ধি বলের স সমান হবে। [যেহেতু এদের দিক বিপরীত]

অর্থাৎ, W = F বা, 9.8 = 2.386 q বা, q = 4.1 C

সুতরাং বলা যায়, P বিন্দুতে স্থাপিত বস্তুটিতে 4.1 C চার্জ থাক বস্তুটিকে শূন্যে ঝুলিয়ে রাখা যাবে।

প্রশ্ন ▸ ৩ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং



A ও B বিন্দুতে চার্জের পরিমাণ যথাক্রমে $+6 \times 10^{-9}$C ও $+4 \times 10^{-9}$C
OA = OB = OP = 10 cm, OP ⊥ AB।

ক. আধানের কোয়ান্টায়ন কী?

খ. কোনো সমবিভব তলে চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ শূন্য— ব্যাখ্যা কর

গ. P বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো।

ঘ. B বিন্দুতে $+4 \times 10^{-9}$ C চার্জটির পরিবর্তে সমমানের বিপরী চার্জ স্থাপন করলে P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের কীরূপ পরিব হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

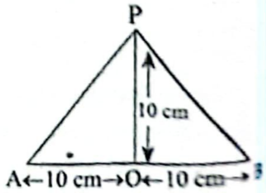
ক কোনো বস্তুতে চার্জের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, কেবলমাত্র 1.6×10^{-19}C এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয় হলো আধানের কোয়ান্টায়ন।

খ সমবিভব তলের যে কোনো দুটি বিন্দুর বিভব সমান। সুতরাং বিন্দু দুটির বিভব পার্থক্য হবে শূন্য। বিভব পার্থক্যের সংজ্ঞানুযায়ী বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক চার্জকে সরালে কৃত উক্ত বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্যের সমান। সুতরাং একটি সমবিভব ত একবিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক চার্জ সরালে বি পার্থক্য শূন্য হওয়ায় কৃতকাজের পরিমাণ শূন্য হবে।

গ দেওয়া আছে, OA = OB = OP = 10 cm

OP ⊥ AB

$\therefore AP = BP$



ΔOAP তে, $AP^2 = OA^2 + OP^2$

বা, $AP = \sqrt{10^2 + 10^2}$ cm

বা, $AP = 10\sqrt{2}$ cm = 14.142 cm

$\therefore AP = 0.14142$ m

$\therefore BP = AP = 0.14142$ m

বাকি অংশ: ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 636.4V

ঘ 'খ' থেকে পাই, AP = BP = 0.14142 m

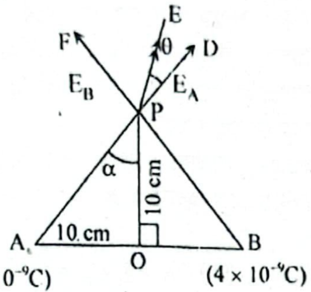
A বিন্দুর q_A চার্জের জন্য P বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_A}{(AP)^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-9}}{(0.14142)^2} NC^{-1}$$
$$= 2700.052 \ NC^{-1}, \text{PD বরাবর}$$

এখানে,
চার্জ, $q_A = 6 \times 10^{-9}C$
প্রাবল্য, $E_A = ?$

অনুরূপভাবে B বিন্দুর q_B চার্জের জন্য P বিন্দুতে প্রাবল্য

$$E_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_B}{(BP)^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{(0.14142)^2}$$
$$= 1800.035 \ NC^{-1} \ [\text{PF বরাবর}]$$



∴ P বিন্দুর লব্ধি প্রাবল্য,

$$E = \sqrt{E_A^2 + E_B^2 + 2E_AE_B \cos \angle FPD}$$
$$= \sqrt{2700.052^2 + 1800.035^2 + 2 \times 2700.052 \times 1800.035 \times \cos 90°}$$
$$= 3245.059 \ NC^{-1}$$

এখানে,
$\angle APO = \alpha$ হলে,
$$\tan\alpha = \frac{AO}{OP} = \frac{10}{10} = 1$$
$\therefore \alpha = 45°$
$\therefore \angle APB = 2\theta = 90°$
$\therefore \angle FPD = 90°$

লব্ধি প্রাবল্য E, E_A এর সাথে θ কোণ তৈরি করলে,

$$\tan\theta = \frac{E_B \sin \angle FPD}{E_A + E_B \cos\angle FPD}$$

বা, $$\tan\theta = \frac{1800.035 \sin 90°}{2700.052 + 1800.035 \cos 90°}$$

$\therefore \theta = 33.69$; (যা PD এর সাথে উপরের দিকে)

এখন, B বিন্দুতে সমমানের বিপরীত চার্জ স্থাপন করলে,

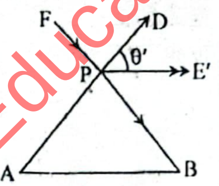
$q_B' = -4 \times 10^{-9}$ C

$$\therefore E_B' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_B'}{(BP)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{(0.141)^2}$$
$$= 1800.035 \ NC^{-1}, \text{(PB বরাবর)}$$

E_A এর মান ও দিক অপরিবর্তিত আছে।

ধরি, লব্ধি প্রাবল্য E′ এবং এটি PD এর সাথে θ′ কোণ তৈরি করে।

$$\therefore \text{লব্ধি } E' = \sqrt{E_A^2 + E_B'^2 + 2E_AE_B' \cos 90°}$$
$$= \sqrt{(2700.052)^2 + (1800.035)^2}$$
$$= 3245.059 \ NC^{-1}$$



চিত্র: ২

লব্ধি প্রাবল্য E′, E_A এর সাথে θ′ কোণ তৈরি করলে,

$$\tan\theta' = \frac{E_B' \sin 90°}{E_A + E_B' \cos 90°}$$

∴ θ′ = 33.69, যা PD এর সাথে নিচের দিকে

∴ দুই ক্ষেত্রের লব্ধির কোণদ্বয়ের মধ্যে পার্থক্য,

$\Delta\theta = \theta' - (-\theta) = 33.69° - (-33.69°) = 67.38$ এবং $E = E'$

সুতরাং P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান অপরিবর্তিত থাকলেও দিক পূর্বের চেয়ে 67.38° কোণে নিচের দিকে সরে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৪

একটি ধারক 150টি বৃত্তাকার টিনের পাতের তৈরি। প্রতিটি পাত পরস্পর হতে 0.4 mm পুরু এবং 7.6×10^{-3} m ব্যাসার্ধের অভ্রের চাদর দ্বারা পৃথকীকৃত। অভ্রের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক 6 এবং একটি অন্তর একটি পাত পরস্পর যুক্ত।

ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কী? ১

খ. তড়িৎ ক্ষেত্রে কোনো বিন্দুর বিভব 1.5 V বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের ধারকের ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 220 V বৈদ্যুতিক উৎসের সাথে 100টি টিনের পাত ও 0.6 mm পুরুত্ব মানের ধারক যুক্ত করলে উৎপন্ন শক্তি পূর্ববর্তী ধারকের উৎপন্ন শক্তি থেকে একই থাকবে না–উত্তরের সপক্ষে গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায় তা-ই জড় প্রসঙ্গ কাঠামো।

খ অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রে কোনো বিন্দুতে আনতে তড়িৎ বলের বিরুদ্ধে যে কাজ করতে হয়, তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে। তড়িৎক্ষেত্রে কোনো বিন্দুর বিভব 1.5V বলতে বোঝায়, অসীম থেকে 1C আধানকে তড়িৎক্ষেত্রে ঐ বিন্দুতে আনতে তড়িৎ বলের বিরুদ্ধে 1.5 J কাজ করতে হবে।

গ

এখানে,

প্রতিটি ধারকের ধারকত্ব, $C = \frac{k\varepsilon_0 A}{d}$

$$= \frac{6 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 1.815 \times 10^{-4}}{0.4 \times 10^{-3}}$$
$$= 2.41 \times 10^{-11} F$$

এখানে,
পাতসংখ্যা N = 150
প্রতিটি পাতের পুরুত্ব,
d = 0.4 mm
$= 0.4 \times 10^{-3}$ m
ব্যাসার্ধ, $r = 7.6 \times 10^{-3}$ m
পাতের ক্ষেত্রফল,
$A = \pi r^2$
$= 3.1416 \times (7.6 \times 10^{-3})^2$
$= 1.815 \times 10^{-4} \ m^2$
অভ্রের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, k = 6
$\varepsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2}$

এখন,
2টি পাত মিলে গঠিত হয়, 1টি ধারক
∴ 150টি পাত নিয়ে গঠিত ধারক সংখ্যা

n = (150 – 1) = 149টি

এই 149টি ধারক সমান্তরালে যুক্ত।

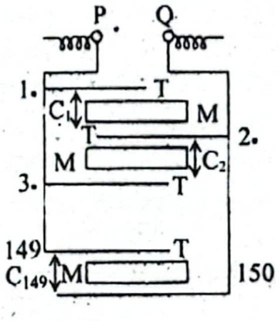
∴ তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$C_p = C_1 + C_2 + ... + C_{149}$

$= n \times C$ [∵ সব ধারকের ধারকত্ব সমান]

$= 149 \times 2.41 \times 10^{-11}$

$= 3.59 \times 10^{-9}$ F **(Ans.)**



ঘ 'গ' থেকে পাই, উদ্দীপকের ধারকের ধারকত্ব

$C = 3.59 \times 10^{-9}$ F

∴ উদ্দীপকের ধারকের উৎপন্ন শক্তি,

$$U_1 = \frac{1}{2}CV^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 3.59 \times 10^{-9} \times (220)^2 = 8.6878 \times 10^{-5} J$$

এখানে,
বিভব পার্থক্য,
V = 220 V

২য় ক্ষেত্রে,

প্রতিটা ধারকের ধারকত্ব

$$C' = \frac{k\varepsilon_0 A}{d}$$
$$= \frac{6 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 1.815 \times 10^{-4}}{0.6 \times 10^{-3}}$$
$$= 1.607 \times 10^{-11} F$$

100টি পাত নিয়ে গঠিত ধারক সংখ্যা

$n' = N' - 1 = 100 - 1 = 99$

এই 99টি ধারক সমান্তরালে যুক্ত।

এখানে,
পাতসংখ্যা, N′ = 100
প্রতিটি পাতের পুরুত্ব,
d = 0.6 mm
$= 0.6 \times 10^{-3}$ m
'গ' থেকে পাই,
পাতের ক্ষেত্রফল,
$A = 1.815 \times 10^{-4} m^2$
অভ্রের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক,
k = 6
$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2}$

∴ তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$C_p = C_1 + C_2 + ... + C_{99}$

$= n' \times C'$ [∵ সব ধারকের ধারকত্ব সমান]

$= 99 \times 1.607 \times 10^{-11} = 1.59 \times 10^{-9}$ F

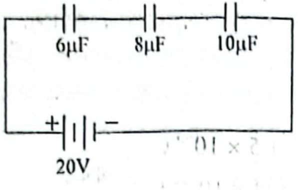
∴ ২য় ক্ষেত্রে ধারকের সঞ্চিত শক্তি,

$$U_2 = \frac{1}{2}C_pV^2 = \frac{1}{2} \times 1.59 \times 10^{-9} \times (220)^2 = 3.85 \times 10^{-5} J$$

দেখা যাচ্ছে, $U_2 < U_1$
সুতরাং বলা যায়, ২য় ক্ষেত্রে ধারকের উৎপন্ন শক্তি ১ম ক্ষেত্রের সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৫ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৭

নিচের বর্তনীটি লক্ষ করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

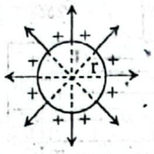


- ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কাকে বলে? ১
- খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. বর্তনীটির মধ্যবর্তী ধারকের সঞ্চিত চার্জের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. সর্বাধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য উদ্দীপকের সমবায়টি কি যথার্থ? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। *[সংশোধিত]* ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে কোনো ডাইইলেকট্রিক থাকাকালে ধারকত্ব C এবং ডাইইলেকট্রিক না থাকাকালে ধারকত্ব C_0 হলে এ দু অবস্থায় ধারকত্বের অনুপাত সর্বদা একটি ধ্রুব সংখ্যা হয়। এ ধ্রুব সংখ্যাকে পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ কোনো পরিবাহীর চার্জ এর পৃষ্ঠে সুষমভাবে বিন্যস্ত থাকে। তাই পৃষ্ঠের সকল চার্জ-এর কেন্দ্রে পুঞ্জিভূত আছে কল্পনা করলেও এর ক্ষেত্রের (Field) কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃষ্ঠে অর্থাৎ কেন্দ্র হতে r দূরত্বে



বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

ধারকত্ব, $C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\times\frac{q}{r}} = 4\pi\varepsilon_0 r$

গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 r$
অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।
চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ বর্তনীটিতে ধারক ৩টি শ্রেণি সমবায়ে অবস্থিত।

তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

বা, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10}$

বা, $\frac{1}{C_s} = \frac{47}{120}$

$\therefore C_s = \frac{120}{47}\ \mu F$

এখানে,
$C_1 = 6\ \mu F$
$C_2 = 8\ \mu F$
$C_3 = 10\ \mu F$
$\therefore C_s = ?$

বর্তনীতে মোট চার্জ Q হলে,

$C_s = \frac{Q}{V}$

বা, $Q = C_s \times V$

বা, $Q = \left(\frac{120}{47}\times 10^{-6}\times 20\right) C$

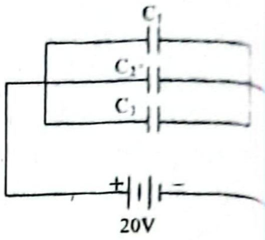
$\therefore Q = 5.106 \times 10^{-5}\ C$

এখানে,
তুল্য ধারকত্ব, $C_s = \frac{120}{47}\ \mu F = \frac{120}{47}\times 10^{-6}\ F$
বিভব পার্থক্য, $V = 20V$
$\therefore$ চার্জ, $Q = ?$

ধারকের শ্রেণি সমবায়ে চার্জ একই থাকে।
$\therefore$ মধ্যবর্তী ধারকে সঞ্চিত চার্জ $= 5.106 \times 10^{-5}\ C$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে, প্রদত্ত ধারক তিনটির ধারকত্ব, $C_1 = 6\ \mu F$, $C_2 =$
এবং $C_3 = 10\ \mu F$

আমরা জানি, ধারকে সঞ্চিত শক্তির রাশিমালা, $U = \frac{1}{2}CV^2$



সুতরাং দেখা যাচ্ছে, নির্দিষ্ট বিভব পার্থক্যের জন্য C এর মান বা তুল্য ধারকত্বের মান সর্বোচ্চ হলে সঞ্চিত শক্তির মান সর্বোচ্চ হবে। আবার, কিছু সংখ্যক ধারকের সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব সবচেয়ে বেশি হয়।

অতএব, সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পেতে হলে ধারকগুলোকে সমবায়ে যুক্ত করতে হবে।

এক্ষেত্রে, তুল্য ধারকত্ব, $C_p = C_1 + C_2 + C_3$
$= (6 + 8 + 10)\ \mu F = 24\ \mu F = 24 \times$

এবং সঞ্চিত শক্তি, $U_p = \frac{1}{2}C_p V^2$
$= \frac{1}{2} \times 24 \times 10^{-6} F \times (20\ V)^2 = 4.8 \times$

ধারকগুলোকে সমান্তরাল সমবায়ে রাখায় বর্তমান সঞ্চিত শক্তির
$\times 10^{-3}$ J।

'গ' থেকে পাই, শ্রেণি সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব, $C_s = \frac{120}{47} \times 10^{-6}$ F

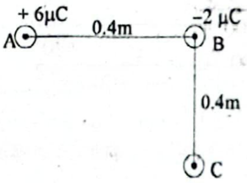
$\therefore$ শ্রেণি সমবায়ে সঞ্চিত শক্তি,

$$U_s = \frac{1}{2}C_s V^2 = \frac{1}{2} \times \frac{120}{47} \times 10^{-6} \times 20^2\ J = 5.11 \times 10^{-4}\ J$$

অর্থাৎ, $U_p > U_s$
সুতরাং, সর্বাধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য উদ্দীপকের সমবায়টি সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পেতে উদ্দীপকের শ্রেণি সমবায়ের ধারকগুলোর সমান্তরাল সমবায় ব্যবহার করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৬ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন

চিত্রটি লক্ষ্য করো:



[C বিন্দুতে 2kg ভরের একটি বস্তু এবং 0.2C চার্জ স্থাপন করা

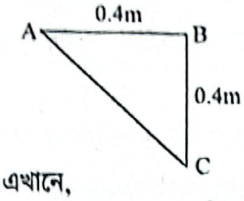
- ক. কাল দীর্ঘায়ন কী?
- খ. তেজস্ক্রিয়তা স্বতঃস্ফূর্ত নিউক্লীয় ঘটনা-ব্যাখ্যা করো।
- গ. C বিন্দুতে (চার্জ স্থাপনের পূর্বে) তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো
- ঘ. 'C' বিন্দুতে চার্জিত বস্তুটি স্থির থাকবে কি না– গাণিতিক বিশ্লেষণ করো।

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কাঠামোতে স্থির পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান অপেক্ষা ঐ সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল কোনো পর্যবেক্ষকের নিকট মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান বেশি হয়। এঘটনাটিই হলো কাল দীর্ঘায়ন।

খ নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলেই তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয় তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের মাধ্যমে এক মৌল অন্য মৌলে পরিণত তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। বাইরের কোনো প্রক্রিয়া তাপ, চাপ, তড়িৎ বা চৌম্বকক্ষেত্র ইত্যাদি এ ঘটনাকে প্রভাবিত পারে না। তেজস্ক্রিয়তায় নিউক্লিয়াসের বাইরের ইলেকট্রনের ভূমিকা নেই। সুতরাং তেজস্ক্রিয়তা স্বতঃস্ফূর্ত একটি নিউক্লীয়

ΔABC একটি সমকোণী ত্রিভুজ।



$AC^2 = AB^2 + BC^2$

বা, $AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}$

বা, $AC = \sqrt{0.4^2 + 0.4^2}$ m

$AC = 0.566$ m

বিন্দুর চার্জের কারণে C বিন্দুতে বিভব,

$V_{BC} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_B}{BC}$

বিন্দুর চার্জের কারণে C বিন্দুতে বিভব,

$V_{AC} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_A}{AC}$

এখানে,
$q_A = 6\mu C = 6 \times 10^{-6}C$
$q_B = -2\mu C = -2 \times 10^{-6}C$
বাহুর দৈর্ঘ্য,
$\therefore AB = BC = 0.4$ m
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

বিন্দুতে মোট বিভব

$$V = V_{BC} + V_{AC} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{BC} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{AC}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \left(\frac{q_B}{BC} + \frac{q_A}{AC}\right) = 9 \times 10^9 \left(\frac{-2 \times 10^{-6}}{0.4} + \frac{6 \times 10^{-6}}{0.566}\right)$$

$= 50,406.36$ V (Ans.)

ঘ 'গ' থেকে পাই, $AC = 0.566$ m

q_A ও q_C চার্জদ্বয়ের মধ্যকার বিকর্ষণ বল,

$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_A q_C}{(AC)^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} \times 0.2}{(0.566)^2}$ N

$= 33712.50$ N, CD বরাবর

এখানে,
$q_A = 6 \times 10^{-6}$ C
$q_C = 0.2$ C
$AC = 0.566$ m
$\therefore F_1 = ?$

অনুরূপভাবে, q_B ও q_C চার্জদ্বয়ের মধ্যকার আকর্ষণ বল,

$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_B q_C}{(BC)^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 0.2}{(0.4)^2}$

$= 22500$ N, CB বরাবর

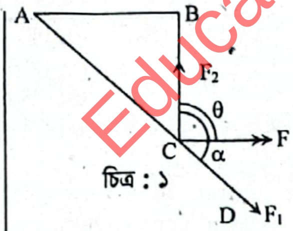
এখানে,
$q_B = -2 \times 10^{-6}$ C
$BC = 0.4$ m
$\therefore F_2 = ?$

$\therefore F_1$ ও F_2 এর লব্ধি বল F হলে,

$\therefore F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$

$= \sqrt{33712.50^2 + 22500^2 + 2 \times 33712.50 \times 22500 \times \cos 135°}$

$= 23875.88$ N



চিত্র : ১

ধরি লব্ধি বল F, F_2 এর দিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে।

$\tan\theta = \frac{F_1 \sin\alpha}{F_2 + F_1\cos\alpha}$

এখানে, $\angle ACB = 45°$
$\therefore F_1, F_2$ এর মধ্যবর্তী কোণ
$\angle BCD = \alpha = 180 - \angle ACB$
$= 180° - 45° = 135°$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{33712.50 \sin 135°}{22500 + 33712.50 \cos 135°}\right)$

$\therefore \theta = 93.213°$

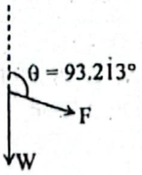
এখন, C বিন্দুতে বস্তুটি স্থির থাকবে যদি লব্ধি বলের উল্লম্ব উপাংশের মান ও বস্তুর ওজন সমান ও বিপরীতমুখী হয়।

লব্ধি বল, F এর উল্লম্ব উপাংশ

$F\cos\theta = 23875.88 \cos(93.213°)$

$= -1338.20$ N

শুধু মান নিয়ে, $|F\cos\theta| = 1338.20$N



চিত্র : ২

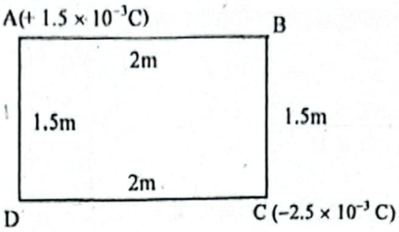
আবার, বস্তুর ওজন, $W = mg$
$= 2 \times 9.8$
$= 19.6$N
[খাড়া নিচের দিকে]

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 2$kg

$\therefore$ C বিন্দুতে স্থাপিত চার্জিত বস্তুটির ওপর নীট বল কখনোই শূন্য হবে না।

অতএব, 'C' বিন্দুতে চার্জিত বস্তুটি স্থির থাকবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ❙ প্রশ্ন নং ২



উপরের চিত্রানুযায়ী বায়ু মাধ্যমে অবস্থিত ABCD আয়তক্ষেত্রের A ও C বিন্দুতে যথাক্রমে $+ 1.5 \times 10^{-3}$ C এবং $- 2.5 \times 10^{-3}$ C চার্জ স্থাপন করা হলো। $[\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ \text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}]$

ক. বিন্দু চার্জ কাকে বলে? ১

খ. কোনো মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক 2.5 বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. B বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করো। ৩

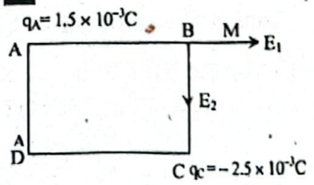
ঘ. যদি B ও D বিন্দুতে একটি ধাতব তার দ্বারা যুক্ত করা হয় তবে ধনাত্মক আধান কোন দিক হতে প্রবাহিত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব ছোট হয় তবে তাদেরকে বিন্দু চার্জ বলে।

খ কোনো মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক 2.5-এর অর্থ এই যে, শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে অবস্থিত দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যকার বল এবং একই দূরত্বে ঐ মাধ্যমে অবস্থিত ঐ বিন্দু চার্জ দুটির মধ্যকার পারস্পরিক বল অপেক্ষা 2.5 গুণ বেশি। অর্থাৎ শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে এবং ঐ মাধ্যমে সমদূরত্বে অবস্থিত দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যকার পারস্পরিক বলের অনুপাত 2.5।

গ



এখানে,
A বিন্দুর চার্জ, $q_A = 1.5 \times 10^{-3}$ C
C বিন্দুর চার্জ,
$q_C = -2.5 \times 10^{-3}$ C
দূরত্ব, $AB = r_1 = 2$m
দূরত্ব, $BC = r_2 = 1.5$m
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

A বিন্দুর q_A চার্জের জন্য B বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_1^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{1.5 \times 10^{-3}}{(2)^2}$

$= 3.375 \times 10^6\ \text{NC}^{-1}$, (B থেকে M এর দিকে)

C বিন্দুর q_C চার্জের জন্য B বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_C}{r_2^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{2.5 \times 10^{-3}}{(1.5)^2} = 1 \times 10^7\ \text{NC}^{-1}$ (B থেকে C এর দিকে)

E_1 ও E_2 এর মধ্যবর্তী কোণ $= 90°$

E_1 ও E_2 এর লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য

$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos 90°}$

$= \sqrt{(3.375 \times 10^6)^2 + (1 \times 10^7)^2}$

$= 1.055 \times 10^7\ \text{NC}^{-1}$

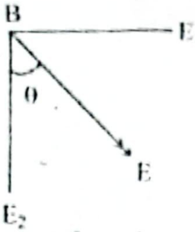
$\therefore$ B বিন্দুতে প্রাবল্যের মান $1.055 \times 10^7\ \text{NC}^{-1}$

ধরি, লব্ধি প্রাবল্যের দিক E₂ এর দিকের সাথে θ কোণে উৎপন্ন করে।

$\therefore \tan\theta = \frac{E_1}{E_2}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\frac{3.375 \times 10^6}{1 \times 10^7}$

$\therefore \theta = 18.65°$



সুতরাং, B বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান 1.055×10^7 NC⁻¹ এবং E₂ এর দিকের সাথে 18.65° কোণ উৎপন্ন করে। (Ans.)

ঘ A ও C বিন্দুর চার্জদ্বয়ের জন্য B বিন্দুতে তড়িৎ বিভব,

$V_B = V_A + V_C$

$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_A}{r_{AB}} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_C}{r_{BC}}$

$= 9 \times 10^9 \times \left(\frac{1.5 \times 10^{-3}}{2} + \frac{-2.5 \times 10^{-3}}{1.5}\right) V$

$= -8.25 \times 10^6$ V

এখানে,
$q_A = 1.5 \times 10^{-3}$ C
$q_C = -2.5 \times 10^{-3}$ C
দূরত্ব,
$r_{AB} = r_{CD} = 2m$
দূরত্ব,
$r_{BC} = r_{AD} = 1.5$ m

অনুরূপভাবে, A ও C বিন্দুর চার্জদ্বয়ের জন্য D বিন্দুর তড়িৎ বিভব,

$V_D = V_A + V_C$

$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_A}{r_{AD}} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_C}{r_{CD}}$

$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_A}{r_{AD}} + \frac{q_C}{r_{CD}}\right)$

$= 9 \times 10^9 \times \left(\frac{1.5 \times 10^{-3}}{1.5} + \frac{-2.5 \times 10^{-3}}{2}\right)$

$= -2.25 \times 10^6$V

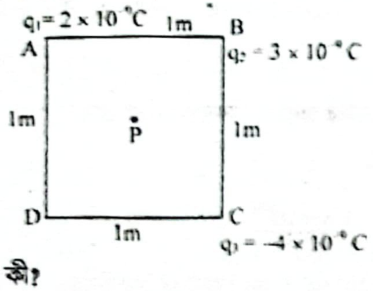
দেখা যাচ্ছে যে, $V_D > V_B$

আমরা জানি, ধনাত্মক আধান উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে চলাচল করে।

অতএব, B ও D বিন্দুকে ধাতব তার দ্বারা সংযুক্ত করলে ধনাত্মক আধান D থেকে B এর দিকে প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ২

চিত্রে বায়ু মাধ্যমে বর্গক্ষেত্রের A, B ও C বিন্দুতে যথাক্রমে $q_1 = 2 \times 10^{-9}$ C, $q_2 = 3 \times 10^{-9}$C ও $q_3 = -4 \times 10^{-9}$ C চার্জ আছে। বর্গক্ষেত্রের প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 1m.



ক. ধারক কী? ১
খ. চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব তড়িৎ প্রাবল্যের ε₀ গুণ– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র P তে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যে কোনো চার্জকে D বিন্দু হতে P বিন্দুতে আনতে কাজ সম্পাদিত হবে কি-না– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলই ধারক।

খ পরিবাহীর পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুর চারদিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে ওপরস্থ আধানের পরিমাপকে চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব বলে। তলের ক্ষেত্রফল A ও চার্জ q হলে, চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব, $\sigma = \frac{q}{A}$। আবার, q চার্জের থেকে r দূরত্বে তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$ বা, চার্জ q

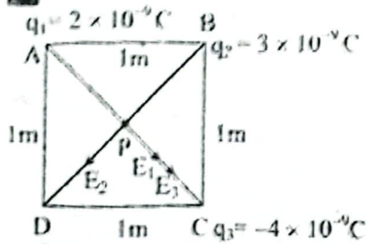
$4\pi\varepsilon_0 r^2$ … … … (i)।

এখন, আহিত পরিবাহীর ব্যাসার্ধ r হলে, পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল, A =

সুতরাং চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব, $\sigma = \frac{q}{A} = \frac{E \times 4\pi\varepsilon_0 r^2}{4\pi r^2} = E\varepsilon_0$।

চার্জের তল মাত্রিক ঘনত্ব = তড়িৎ প্রাবল্য × ε₀। সুতরাং, তলমাত্রিক ঘনত্ব তড়িৎ প্রাবল্যের ε₀ গুণ।

গ



এখানে,
A বিন্দুর চার্জ,
$q_1 = 2 \times 10^{-9}$ C
B বিন্দুর চার্জ,
$q_2 = 3 \times 10^{-9}$ C
C বিন্দুর চার্জ,
$q_3 = -4 \times 10^{-9}$ C
বাহুর দূরত্ব, a = 1m
কর্ণ, AC = BD
$= a\sqrt{2} =$
দূরত্ব AP = BP =
$= \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$ m
বায়ু মাধ্যমে কুলম্ব ধ্রুব
$= 9 \times 10^9$ Nm²C⁻²

A বিন্দুর q₁ চার্জের জন্য P বিন্দুর প্রাবল্য,

$E_1 = C\frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{(0.707)^2}$

$= 36$ NC⁻¹ [PC বরাবর]

B বিন্দুর q₂ চার্জের জন্য P বিন্দুর প্রাবল্য,

$E_2 = C\frac{q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-9}}{(0.707)^2} = 54$ NC⁻¹ [PD বরাবর]

C বিন্দুর q₃ চার্জের জন্য P বিন্দুর প্রাবল্য,

$E_3 = C\frac{q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{(0.707)^2} = 72$ NC⁻¹ [PC বরাবর]

E₁ ও E₃ এর দিক একই। এদের লব্ধি প্রাবল্য,

$E' = E_1 + E_3 = (36 + 72) = 108$ NC⁻¹ [PC বরাবর]

এখন, E' ও E₂ এর লব্ধি প্রাবল্য E হলে,

$E = \sqrt{(E')^2 + (E_2)^2} = \sqrt{(108)^2 + (54)^2}$

[∵ E' ও E₂ এর মধ্যবর্তী কোণ ∠DPC =

$= 120.75$ NC⁻¹

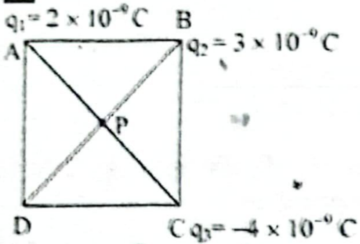
লব্ধি প্রাবল্য E₂ এর সাথে θ কোণ তৈরি করলে,

$\tan\theta = \frac{E'}{E_2} = \frac{108}{54} = 2$

$\therefore \theta = \tan^{-1}(2) = 63.43°$

∴ বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র P-তে তড়িৎ প্রাবল্য, E = 120.75 NC⁻¹ (Ans

ঘ



এখানে,
A বিন্দুর চার্জ,
$q_1 = 2 \times 10^{-9}$ C
B বিন্দুর চার্জ,
$q_2 = 3 \times 10^{-9}$ C
C বিন্দুর চার্জ,
$q_3 = -4 \times 10^{-9}$ C
AB = BC = CD =
a = 1m
কর্ণ, $AC = BD = a\sqrt{2} =$
দূরত্ব AP = BP = CP
$= r = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$ m
বায়ু মাধ্যমে কুলম্ব ধ্রুব
$C = 9 \times 10^9$ Nm²C⁻²

A, B ও C বিন্দুর চার্জের জন্য D বিন্দুর বিভব,

$V_D = V_A + V_B + V_C$

$= C\frac{q_1}{AD} + C\frac{q_2}{BD} + C\frac{q_3}{CD}$

$= C\left(\frac{q_1}{AD} + \frac{q_2}{BD} + \frac{q_3}{CD}\right)$

$= 9 \times 10^9 \times \left(\frac{2 \times 10^{-9}}{1} + \frac{3 \times 10^{-9}}{\sqrt{2}} + \frac{-4 \times 10^{-9}}{1}\right)$

$= 1.092$ V

আবার, A, B ও C বিন্দুর চার্জের জন্য

P বিন্দুর বিভব,

$$V_P = V_A + V_B + V_C$$
$$= C\frac{q_1}{AP} + C\frac{q_2}{BP} + C\frac{q_3}{CP} = C\left(\frac{q_1}{AP} + \frac{q_2}{BP} + \frac{q_3}{CP}\right)$$
$$= 9 \times 10^9 \times \left(\frac{2 \times 10^{-9}}{0.707} + \frac{3 \times 10^{-9}}{0.707} + \frac{-4 \times 10^{-9}}{0.707}\right)$$
$$= 12.73 \text{ V}$$

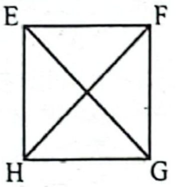
দেখা যাচ্ছে, $V_P \neq V_D$

∴ P ও D বিন্দুর বিভব পার্থক্য $\Delta V = V_P - V_D = (12.73 - 1.092)$ V
$= 11.638$V

যেহেতু P ও D বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য রয়েছে, তাই বলা যায়, যেকোনো চার্জকে D বিন্দু থেকে P বিন্দুতে আনতে কাজ সম্পাদিত হবে। ধরি, যেকোনো মানের চার্জ q কে D থেকে P বিন্দুতে আনতে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ W হলে,

কৃতকাজ $W = \Delta V \times q$
$= 11.638 \times 4$
$= 11.6384$ J

প্রশ্ন ▶ ৯ **সিলেট বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ২**



চিত্রে EFGH বর্গক্ষেত্রটির কেন্দ্র O।
EF = FG = GH = HE = 1m
প্রথমে E, F ও G বিন্দুতে যথাক্রমে + 3C, – 3C, ও – 3C চার্জ হয়েছে।
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে H বিন্দুতে +1C চার্জের একটি হালকা বস্তু স্থাপন করা হলো।

ক. কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ কাকে বলে? ১
খ. বিভিন্ন পরিবাহকের রোধের উষ্ণতা সহগ বিভিন্ন হয়– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম ক্ষেত্রে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে বিভব এর মান কত হবে? ৩
ঘ. দ্বিতীয় ক্ষেত্রে রক্ষিত বস্তুটি কোন দিকে গতিশীল হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

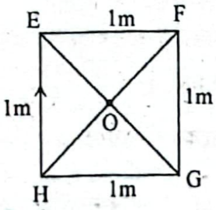
৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তড়িৎ উৎস যখন বহিঃস্থ বর্তনীতে তড়িৎ প্রেরণ করে তখন তড়িৎ উৎসের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহকালে যে বাধার সম্মুখীন হয় তাকে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ বলে।

খ 0°C তাপমাত্রায় একক রোধের কোনো পরিবাহীর তাপমাত্রা প্রতি একক বৃদ্ধিতে তার রোধের যে বৃদ্ধি ঘটে তাকে ঐ পরিবাহীর উপাদানের রোধের উষ্ণতা সহগ বলে।

বিভিন্ন পরিবাহীর রোধের উষ্ণতা সহগ বিভিন্ন হয়। যেসব পরিবাহীর উষ্ণতা সহগ ধনাত্মক, তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সেগুলোর রোধ বৃদ্ধি পায়। ধাতব পদার্থের রোধের উষ্ণতা সহগ ধনাত্মক। অর্ধপরিবাহীর (যেমন: জার্মেনিয়াম, সিলিকন) ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে রোধ হ্রাস পায়। তাই এদের রোধের উষ্ণতা সহগের মান ঋণাত্মক।

গ ΔEHG একটি সমকোণী ত্রিভুজ যার ∠H = 90°



$\therefore EG^2 = EH^2 + HG^2$

বা, $EG = \sqrt{1^2 + 1^2}\text{ m} = \sqrt{2}\text{ m}$

বর্গের কর্ণদ্বয় পরস্পর সমান।

$\therefore HF = EG = \sqrt{2}\text{ m}$

আবার, বর্গের কর্ণদ্বয় পরস্পর সমকোণে সমদ্বিখণ্ডিত করে।

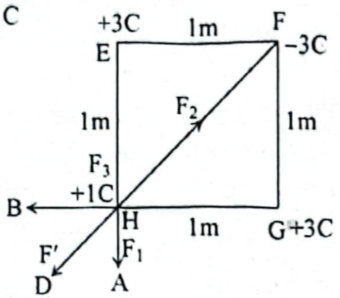
$\therefore EO = OG = HO = OF = \frac{\sqrt{2}}{2}\text{ m} = 0.707\text{ m}$

প্রথম ক্ষেত্রে, E, F ও G বিন্দুতে স্থাপিত 3টি চার্জের জন্য কেন্দ্র O তে বিভব V হলে,

$$V = V_E + V_F + V_G$$
$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_E}{EO} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_F}{FO} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q_G}{GO}$$
$$= \frac{9 \times 10^9}{0.707}(3 - 3 + 3)\text{ V}$$
$$= 3.818 \times 10^{10}\text{ V } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
$q_E = 3C$, $q_F = -3C$, $q_G = +3C$
$EO = FO = GO = 0.707$ m
∴ কেন্দ্রে বিভব, V = ?

ঘ E বিন্দুর +3C চার্জের জন্য +1C এর উপর ক্রিয়াশীল বল,



$$F_1 = C\frac{q_1 q}{(EH)^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 1}{1^2}$$
$$= 27 \times 10^9 \text{ N [HA বরাবর]}$$

F বিন্দুর –3C চার্জের জন্য +1C এর উপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F_2 = C\frac{q_2 q}{(FH)^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \frac{3 \times 1}{(\sqrt{2})^2}$$
$$= 1.35 \times 10^{10} \text{ N [HF বরাবর]}$$

G বিন্দুর +3C চার্জের জন্য +1C এর উপর ক্রিয়াশীল বল,

এখানে,
E বিন্দুর চার্জ, $q_1 = +3C$
F বিন্দুর চার্জ, $q_2 = -3C$
G বিন্দুর চার্জ, $q_3 = +3C$
H বিন্দুর চার্জ, $q = +1C$
দূরত্ব, EF = FG = GH
= EH = 1 m
দূরত্ব, $FH = (1\sqrt{2})\text{ m} = \sqrt{2}\text{ m}$
কুলম্ব ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

$$F_3 = C\frac{q_3 q}{(GH)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 1}{1^2} = 27 \times 10^9 \text{ N [HB বরাবর]}$$

F_1 ও F_3 এর মধ্যবর্তী কোণ ∠AHB = 90°

F_1 ও F_3 এর লব্ধি, $F' = \sqrt{F_1^2 + F_3^2} = \sqrt{F_1^2 + F_1^2} = \sqrt{2} \times F_1$
$= (\sqrt{2} \times 27 \times 10^9)$ N
$= 3.818 \times 10^{10}$ N

যেহেতু, $F_1 = F_3$, তাই লব্ধি বল F′ হলে ∠AHB এর সমদ্বিখণ্ডক HD বরাবর বাইরের দিকে।

এখন, F′ ও F_2 এর দিক বিপরীত এবং $F' > F_2$

তাই, F′ ও F_2 এর লব্ধি বল, $F = F' - F_2 = (3.818 \times 10^{10} - 1.35 \times 10^{10})$ N
$= 2.468 \times 10^{10}$ N [HD বরাবর]

সুতরাং বলা যায়, ২য় ক্ষেত্রে H বিন্দুতে রক্ষিত বস্তু HD বরাবর বাইরের দিকে 2.468×10^{10} N বলের জন্য গতিশীল হবে।

প্রশ্ন ▶ ১০ **যশোর বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ২**

পরীক্ষাগারে দেখা যায়, একটি সমান্তরাল পাত ধারকের প্রত্যেকটি পাতের ক্ষেত্রফল 1.55 m^2। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 cm এবং তা বাতাস দ্বারা পূর্ণ আছে। পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য 50 V। পাতদ্বয়ের মধ্যে 2.5 ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকবিশিষ্ট পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করলে সঞ্চিত শক্তির পরিবর্তন হয়। এক্ষেত্রে $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$।

ক. তড়িচ্চালক বল কাকে বলে? ১
খ. সার্কিটে সান্ট ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩
ঘ. ধারকটি ডাইইলেকট্রিক পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করলে সঞ্চিত শক্তির যে পরিবর্তন হয় তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎসসহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে উৎসের তড়িচ্চালক বল বলে।

খ সান্ট হচ্ছে একটি স্বল্প মানের রোধ যা গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরালে যুক্ত করা হয়। এতে মূল প্রবাহ দুটি অংশে বিভক্ত হয়ে কিছু অংশ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে এবং বাকি অংশ সান্টের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। গ্যালভানোমিটারের রোধ বেশি এবং সান্টের রোধ কম বলে, গ্যাভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কম এবং সান্টের মধ্য দিয়ে বেশি তড়িৎ প্রবাহিত হয়। ফলে গ্যালভানোমিটার অতিরিক্ত প্রবাহজনিত ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা পায়।

গ ধারকটির ধারকত্ব,

$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 1.55}{0.02}$ F

$= 6.862 \times 10^{-10}$ F **(Ans.)**

এখানে,
পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 1.55\ m^2$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2$ cm $= 0.02$ m
শূন্য মাধ্যমে ভেদনযোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$
∴ ধারকত্ব, C = ?

ঘ পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থান বায়ুপূর্ণ অবস্থায় ধারকের সঞ্চিত শক্তি,

$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 6.862 \times 10^{-10} \times (50)^2$

$= 8.578 \times 10^{-7}$ J

এখানে, ধারকের পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য, V = 50 V
'গ' থেকে পাই,
ধারকটির ধারকত্ব,
$C = 6.862 \times 10^{-10}$F
ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক, K = 2.5
পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমসহ ধারকের সঞ্চিত শক্তি, U′ = ?

ধারকটির মধ্যবর্তী স্থান K = 2.5 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের মাধ্যম দ্বারা পূর্ণ করা হলে ধারকটিতে সঞ্চিত শক্তি,

$U' = \frac{1}{2}C'V^2 = \frac{1}{2}\frac{\epsilon_0 KA}{d}V^2 = \frac{1}{2}CV^2 \times K$

$= U \times K = 8.578 \times 10^{-7} \times 2.5 = 2.145 \times 10^{-6}$ J

সুতরাং, ধারকটির মধ্যবর্তী স্থান 2.5 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সঞ্চিত শক্তি হবে পূর্বের সঞ্চিত শক্তির 2.5 গুণ।

প্রশ্ন ▶ ১১ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ২

একটি সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 4 cm এবং এটি বায়ু দ্বারা পূর্ণ। ধারকটিতে 9.6 μC চার্জ প্রদান করায় পাতদ্বয়ের মধ্যে 200 NC^{-1} তড়িৎ প্রাবল্যের সৃষ্টি হয়। পরবর্তীতে ধারকটির পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে K = 1.5 মানের পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম দ্বারা পূর্ণ করা হলো।

ক. এনট্রপি কী? ১
খ. রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম শীতল হয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম ক্ষেত্রে ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ধারকটির সঞ্চিত শক্তির পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তা-ই এনট্রপি।

খ রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের সময় সিস্টেম কর্তৃক সম্পাদিত কাজ সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি ব্যয়ে সম্পাদিত হয় ফলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি তথা তাপমাত্রা হ্রাস পায়। একারণে তখন সিস্টেম শীতল হয়। এর গাণিতিক ব্যাখ্যা নিম্নরূপ:

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় পরিবেশের সাথে সিস্টেমের তাপের আদান-প্রদান হয় না। অর্থাৎ dQ = 0

ফলে dQ = dU + dW সূত্র হতে,

0 = dU + dW বা, dW = – dU .... (i)

আয়তন প্রসারণ ঘটায় dW ধনাত্মক, তাই (i) নং অনুসারে dU ঋণাত্মক, যা সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তির হ্রাস নির্দেশ করে। অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পেলে সিস্টেমের তাপমাত্রা কমে যায়। এ কারণে রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেম শীতল হয়।

গ আমরা জানি, পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য,

V = Ed
বা, V = 200 × 0.04
∴ V = 8V

এখানে,
তড়িৎ প্রাবল্য, $E = 200\ NC^{-1}$
মধ্যবর্তী দূরত্ব, d = 4 cm = 0.04 m
∴ বিভব পার্থক্য, V = ?

এখন, ধারকটির ধারকত্ব,

$C = \frac{Q}{V}$

বা, $C = \frac{9.6 \times 10^{-6}}{8}$ F

∴ $C = 1.2 \times 10^{-6}$ F (Ans.)

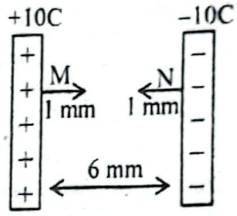
এখানে,
চার্জ, Q = 9.6 μC = 9.6 × 10
বিভব পার্থক্য, V = 8V
∴ ধারকত্ব, C = ?

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ১ম ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি, $U = 3.84 \times 10^{-5}$ J
২য় ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি, $U' = 5.76 \times 10^{-5}$ J
U′ = 1.5 U
ধারাকটির সঞ্চিত শক্তি 1.5 গুণ হয়।

প্রশ্ন ▶ ১২ ঢাকা বোর্ড ২০২

উদ্দীপকটি লক্ষ করো:



প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল 2 cm^2; $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}$

ক. বৈদ্যুতিক দ্বিপোলের সংজ্ঞা দাও।
খ. γ-রশ্মি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না।— ব্যাখ্যা কর
গ. উদ্দীপকের ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো।
ঘ. উদ্দীপকের M বিন্দু হতে N বিন্দুতে +2C আধানকে কোনো কাজ সম্পন্ন হবে কি?— গাণিতিক বিশ্লেষণের দেখাও।

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে হলে তাকে বৈদ্যুতিক দ্বিপোল বলে।

খ বিদ্যুৎ ক্ষেত্র দ্বারা কোনো কণা বিক্ষিপ্ত হতে হলে তাকে চার্জিত হতে হবে। চার্জিত না হলে বিদ্যুৎ ক্ষেত্র কোনো কণাকে বিকর্ষণ করে না, তাই তা বিক্ষিপ্ত হয় না। আলফা-কণা ধনাত্মক ও বিটা রশ্মি ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হওয়ায় তা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র দ্বারা হয়। কিন্তু গামা (γ) রশ্মি আধান নিরপেক্ষ। তাই γ রশ্মি বৈদ্যুতিক দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না।

গ ১০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.95 × 10

ঘ 'গ' থেকে পাই, সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব C = 2.95 × 10

ধারকের প্রতিটি পাতের তলমাত্রিক চার্জ ঘনত্ব σ হলে,

$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{10}{2 \times 10^{-4}}$

∴ $\sigma = 5 \times 10^4\ Cm^{-2}$

এখানে,
চার্জ, Q = 10C
ক্ষেত্রফল, $A = 2cm^2 = 2 \times 10^{-4}m^2$
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ Nm^2C^{-2}$

সমান্তরাল পাতধারকের অভ্যন্তরে সুষম তড়িৎ ক্ষেত্র বিদ্যমান

এর মান, $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{5 \times 10^4}{8.854 \times 10^{-12}} = 5.647 \times 10^{15}\ Vm^{-1}$

ধারকের অভ্যন্তরে M ও N বিন্দুর দূরত্ব

$d = 6 - 2 = 4mm = 4 \times 10^{-3}m$

∴ M ও N বিন্দুর বিভব পার্থক্য,

$\Delta V = Ed = 5.647 \times 10^{15} \times 4 \times 10^{-3} = 2.26 \times 10^{13}V$

সুতরাং, উদ্দীপকের M হতে N বিন্দুতে +2C চার্জ নিতে কৃতকাজ,

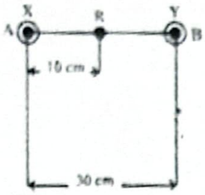
$W = \Delta Vq$
$= 2.26 \times 10^{13} \times 2$
$= 4.52 \times 10^{13}$ J

এখানে,
আধান, q = 2C

∴ উদ্দীপকের M বিন্দু হতে N বিন্দুতে +2C আধানকে নিতে সম্পন্ন হবে এবং কাজের মান 4.52×10^{13} J।

প্রশ্ন ▶ ১৩ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ২

সমান ব্যাসার্ধের দুটি গোলক X ও Y শূন্যস্থানে পরস্পর থেকে 30 cm দূরে অবস্থিত। A গোলকে চার্জ $+6 \times 10^{-12}$ C এবং B গোলকে চার্জ $+24 \times 10^{-12}$C আছে।



ক. ধারকত্বের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. R বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. R বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হতে পারে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে যুক্তি উপস্থাপন করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ পরিবাহীর বা ধারকের তড়িৎ ধারকত্ব বা সংক্ষেপে ধারকত্ব বলে।

খ কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা:

i. কুলম্বের সূত্র কেবলমাত্র বিন্দু চার্জের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। অনিয়মিত আকৃতির চার্জিত বস্তুর ক্ষেত্রে এ সূত্র প্রয়োগ করা যায় না।
ii. চার্জিত বস্তু যাদের আকার এদের মধ্যকার দূরত্বের চেয়ে অনেক ছোট, তাদের ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্র প্রযোজ্য।
iii. কুলম্বের সূত্র স্থির চার্জ বা চার্জ বিন্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। গতিশীল চার্জের ক্ষেত্রে এই সূত্র সঠিকভাবে প্রয়োগ করা যায় না।

গ A গোলকের চার্জের জন্য R বিন্দুর বিভব,

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_1}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-12}}{0.1}$$
$$= 0.54 \text{ V}$$

এখানে,
A গোলকের চার্জ,
$q_A = 6 \times 10^{-12}$ C
দূরত্ব, $r_1 = XR = 10$ cm $= 0.1$ m

B গোলকের চার্জের জন্য R বিন্দুর বিভব,

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{r_2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{24 \times 10^{-12}}{0.2}$$
$$= 1.08 \text{ V}$$

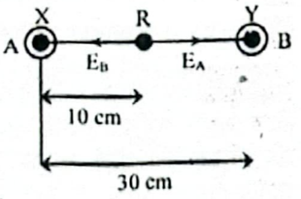
এখানে,
B গোলকের চার্জ,
$q_B = 24 \times 10^{-12}$ C
দূরত্ব, $r_2 = RY = (30 - 10)$ cm
$= 20$ cm $= 0.2$ m

∴ R বিন্দুতে মোট তড়িৎ বিভব, $V = V_A + V_B = 0.54 + 1.08 = 1.62$ V

(Ans.)

ঘ

A ও B গোলকের চার্জের জন্য যদি R বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান সমান ও দিক বিপরীত হয়, তাহলে R বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।



A গোলকের চার্জের জন্য R বিন্দুতে প্রাবল্য, $E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_1^2}$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-12}}{(0.1)^2}$$
$= 5.4$ NC^{-1}, RY বরাবর

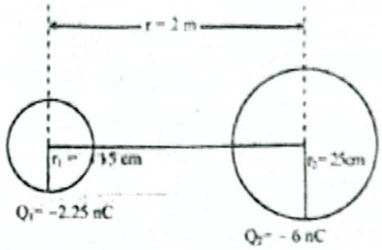
এখানে,
A গোলকে চার্জ,
$q_A = 6 \times 10^{-12}$C
B গোলকে চার্জ,
$q_B = 24 \times 10^{-12}$C
দূরত্ব $r_1 = RX = 10$ cm
$= 0.1$ m
দূরত্ব, $r_2 = RY = (30 - 10)$ cm
$= 20$ cm $= 0.2$ m

B গোলকের চার্জের জন্য R বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{24 \times 10^{-12}}{(0.2)^2}$$
$= 5.4$ NC^{-1}, RX বরাবর

যেহেতু, E_A ও E_B এর দিক বিপরীত, তাই R বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য,
$$E = E_A - E_B$$
$$= (5.4 - 5.4) \text{ NC}^{-1} = 0 \text{ NC}^{-1}$$
সুতরাং বলা যায়, R বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হতে পারে।

প্রশ্ন ▶ ১৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ২



চিত্রে দুটি ফাঁপা গোলকের পৃষ্ঠে চার্জ প্রদান করা হয়েছে

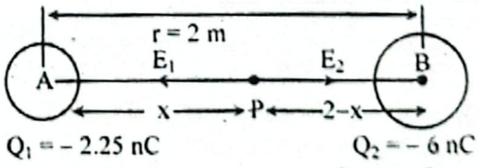
ক. সান্ট কাকে বলে? ১
খ. তড়িৎ ক্ষেত্রের ধারণা ব্যাখ্যায় কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গোলকদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা বরাবর নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গোলকদ্বয় একটি পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্ত করা হলে গোলকদ্বয়ে চূড়ান্ত চার্জের পরিমাণের তুলনামূলক বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয় তাকে সান্ট বলে।

খ কুলম্বের সূত্র থেকে আমরা জানি, দুটি চার্জিত বস্তুর মধ্যে তড়িৎ বল এদের মধ্যে কোনো সংযোগ ছাড়াই ক্রিয়া করে। দুটি চার্জিত বস্তুর এই পারস্পরিক তড়িৎ বলের ক্রিয়া ব্যাখ্যার জন্য মাইকেল ফ্যারাডে ক্ষেত্র তত্ত্বের ধারণা দেন। এই ধারণা অনুসারে কোনো চার্জিত বস্তুর উপস্থিতিতে একে ঘিরে সমগ্র অঞ্চল একটি বিশেষ ধর্ম অর্জন করে যেখানে অন্য চার্জিত বস্তু আনলে তার উপর তড়িৎ বল ক্রিয়াশীল হয়। ফলে এখানে তড়িৎ ক্ষেত্র রয়েছে ধরা যায়। এখন কুলম্বের সূত্রানুসারে যখন দুটি বস্তুর মধ্যবর্তী দূরত্ব অসীম হয়, তখনই কেবল তড়িৎ বলের মান শূন্য হতে পারে। এজন্য তাত্ত্বিকভাবে কোনো চার্জিত বস্তুর তড়িৎক্ষেত্র অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। যদিও এর মান কয়েক মিটার পর এত ক্ষুদ্র হয় যে তা পরিমাপ করা সম্ভব হয় না; আবার, কুলম্বের সূত্রের বল, প্রাবল্য, বিভব হিসাব করতে হলে তড়িৎ ক্ষেত্র সৃষ্টিকারী আধানটি বিন্দু আধান হতে হবে। আহিত বস্তুর বা আধানের যেকোনো বণ্টনের জন্য কুলম্বের সূত্র প্রযোজ্য নয়।

গ



ধরি, গোলদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা বরাবর নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান P। অর্থাৎ P বিন্দুতে চার্জিত গোলদ্বয়ের জন্য তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

এখন, Q_1 গোলক থেকে P বিন্দুর দূরত্ব AP = x m হলে, Q_2 গোলক থেকে P বিন্দুর দূরত্ব, BP = (2 − x) m
১ম গোলকের Q_1 চার্জের জন্য P বিন্দুর প্রাবল্য,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q_1}{r_1^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2.25 \times 10^{-9}}{x^2},$$
দিক PA বরাবর

এখানে,
১ম গোলকের চার্জ,
$Q_1 = -2.25$ nC
$= -2.25 \times 10^{-9}$ C
২য় গোলকের চার্জ,
$Q_2 = -6$n C
$= -6 \times 10^{-9}$ C
দূরত্ব, AB = r = 2 m
দূরত্ব, r_1 = AP = x
দূরত্ব, r_2 = BP = 2 − x

২য় গোলকের Q_2 চার্জের জন্য P বিন্দুর প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q_2}{r_2^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-9}}{(2-x)^2}$$, দিক PB বরাবর

E_1 ও E_2 এর দিক বিপরীত, এখন P বিন্দুর প্রাবল্য শূন্য হলে,

$$E_1 = E_2$$

বা, $9 \times 10^9 \times \frac{2.25 \times 10^{-9}}{x^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-9}}{(2-x)^2}$

বা, $\frac{2.25}{x^2} = \frac{6}{(2-x)^2}$ বা, $\left(\frac{2-x}{x}\right)^2 = \frac{6}{2.25}$ বা, $\frac{2-x}{x} = 1.633$

বা, $\frac{2}{x} - 1 = 1.633$ বা, $\frac{2}{x} = 2.633$ $\therefore x = \frac{2}{2.633} = 0.76$ m

সুতরাং, Q_1 চার্জবিশিষ্ট গোলক থেকে 0.76 m দূরে গোলকদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা বরাবর নিরপেক্ষ বিন্দু অবস্থিত। **(Ans.)**

ঘ গোলকদ্বয় একটি পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্ত করা হলে, গোলকদ্বয়ের মধ্যে চার্জের প্রবাহ চলবে যতক্ষণ পর্যন্ত না উভয় গোলকের তড়িৎ বিভব সমান হয়।

এখন,

Q_1 চার্জের গোলকের ধারকত্ব C_1 হলে, $C_1 = 4\pi\epsilon_0 r_1$

$$= \frac{1}{9 \times 10^9} \times 0.15$$

$$= 1.667 \times 10^{-11}\text{F}$$

Q_2 চার্জের গোলকের ধারকত্ব C_2 হলে, $C_2 = 4\pi\epsilon_0 r_2$

$$= \frac{1}{9 \times 10^9} \times 0.25$$

$$= 2.778 \times 10^{-11}\text{F}$$

এখন, পূর্বে গোলকদ্বয়ের মোট চার্জ, $Q = Q_1 + Q_2$

$$= (-2.25 - 6)\text{ nC}$$

$$= -8.25\text{ nC}$$

$$= -8.25 \times 10^{-9}\text{ C}$$

এখানে,

১ম গোলকের ব্যাসার্ধ,

$r_1 = 15$ cm

$= 0.15$m

২য় গোলকের ব্যাসার্ধ,

$r_2 = 25$ cm

$= 0.25$ m

১ম গোলকের চার্জ,

$Q_1 = -2.25$ nC

$= -2.25 \times 10^{-9}$C

২য় গোলকের চার্জ,

$Q_2 = -6\text{nC} = -6 \times 10^{-9}$C

ধরি, গোলকদ্বয় পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্ত করা হলে গোলকদ্বয়ের চূড়ান্ত চার্জ Q_1' ও Q_2'

১ম গোলকের বিভব V_1 ও ২য় গোলকের বিভব V_2 হলে,

$Q_1' = C_1V_1$ বা, $V_1 = \frac{Q_1'}{C_1}$

আবার, $Q_2' = C_2V_2$ বা, $V_2 = \frac{Q_2'}{C_2}$

শর্তমতে, $V_1 = V_2$

বা, $\frac{Q_1'}{1.667 \times 10^{-11}} = \frac{Q_2'}{2.778 \times 10^{-11}}$

বা, $Q_1' = \frac{1.667}{2.778}Q_2' = 0.6Q_2'$

আবার, $Q_1' + Q_2' = Q = -8.25 \times 10^{-9}$

বা, $0.6Q_2' + Q_2' = -8.25 \times 10^{-9}$

বা, $1.6Q_2' = -8.25 \times 10^{-9}$

$\therefore Q_2' = -5.156 \times 10^{-9}\text{C} = 5.156\text{ nC}$

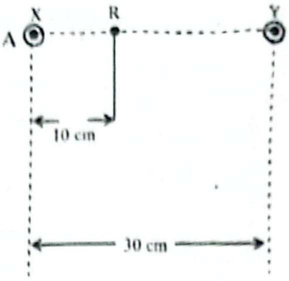
এবং $Q_1' = 0.6Q_2' = 0.6 \times (-5.156)\text{ nC} = -3.1\text{ nC}$

এখন, $\frac{Q_2'}{Q_1'} = \frac{-5.156\text{ nC}}{-3.1\text{ nC}} = 1.667$

সুতরাং বলা যায়, গোলকদ্বয় একটি পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে ২য় গোলকের চূড়ান্ত চার্জ ১ম গোলকের 1.667 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ২

সমান ব্যাসার্ধের দুটি গোলক X ও Y শূন্যস্থানে পরস্পর থেকে 30 cm দূরে অবস্থিত। A গোলকে চার্জ $+6 \times 10^{-12}$ C এবং B গোলকে চার্জ $+24 \times 10^{-12}$ C আছে।



ক. অপবর্তন কাকে বলে?

খ. ডিজিটাল ও এনালগ পদ্ধতির মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ কর

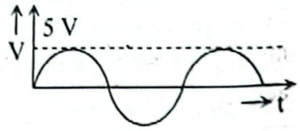
গ. R বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো।

ঘ. R বিন্দুতে তড়িৎপ্রাবল্য শূন্য হতে পারে কিনা? বিশ্লেষণ করো।

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

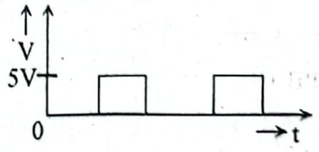
ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ **এনালগ পদ্ধতি:** এই পদ্ধতির বর্তনীতে প্রবাহমাত্রা এবং সংকেত সময়ের সঙ্গে নিরবিচ্ছিন্নভাবে পরিবর্তিত হয়। এই সংকেত এনালগ সংকেত বলে। চিত্র-ক এ এনালগ সংকেত দেখানো একটি সাইন তরঙ্গ। ভোল্টমিটার, অ্যামিটার, মাল্টিমিটার, গ্যাল এনালগ বর্তনীর উদাহরণ।



চিত্র-ক

ডিজিটাল পদ্ধতি: এই পদ্ধতির বর্তনীতে প্রবাহমাত্রা এবং সংকেতের মাত্র দুটি অবস্থা থাকে; যথা– অন (ON) বা (OFF) অথবা 0 বা 1। অর্থাৎ ডিজিটাল পদ্ধতি হলো এমন একটি প্রক্রিয়া আলাদা আলাদা একক বা ডিজিট (0, 1) ব্যবহৃত হয়। চিত্র-খ এ সংকেত দেখানো হয়েছে, এই বর্তনীতে বাইনারি সংখ্যা ব্যবহার ইলেকট্রনিক ক্যালকুলেটর, কম্পিউটার ডিজিটাল বর্তনীর উদাহরণ।



চিত্র-খ

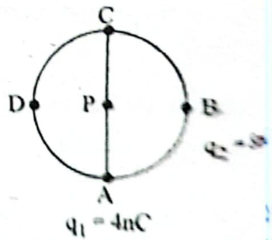
গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ১৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং

চিত্রে একটি বৃত্তাকার পথের A এবং B বিন্দুতে দুটি চার্জ স্থাপন করা হয়েছে।

P বৃত্তের কেন্দ্র, বৃত্তের ব্যাসার্ধ 15 cm এবং AB = BC = CD = DA।



ক. তড়িৎ ফ্লাক্স কাকে বলে?

খ. কোনো বস্তুর আধান 7.5 e হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান নির্ণয় করো।

ঘ. C ও D বিন্দুর সাথে একটি পরিবাহী তার যুক্ত পরিবাহীর মুক্ত ইলেকট্রনগুলো কোন দিকে গতিশীল গাণিতিকভাবে মতামত দাও।

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তল বা ক্ষেত্রের মধ্যে দিয়ে উল্লম্বভাবে অতিক্রান্ত সংখ্যাকে তড়িৎ ফ্লাক্স বলে।

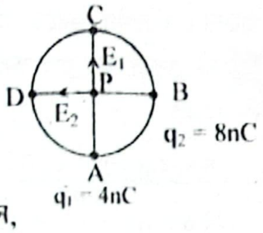
আধানের কোয়ান্টায়ন অনুযায়ী, কোনো বস্তুতে আধানের মোট ইলেকট্রনের আধান $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C এর পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক বে। অর্থাৎ $q = ne$, এখানে n হচ্ছে ধনাত্মক পূর্ণসংখ্যা।

খন, $q = 7.5e$ হলে, $q = ne$

া, $n = \frac{q}{e} = \frac{7.5\,e}{e}$

$\therefore n = 7.5$ যা পূর্ণসংখ্যা নয়। তাই কোনো বস্তুর আধান 7.5 e হতে ারেনা।

গ A বিন্দুর চার্জের জন্য P বিন্দুর প্রাবল্য



$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{(0.15)^2}$$
$$= 1600\ \text{NC}^{-1}\ [\text{PC বরাবর}]$$

B বিন্দুর q_2 চার্জের জন্য P বিন্দুর প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-9}}{(0.15)^2}$$
$$= 3200\ \text{NC}^{-1}\ [\text{PD বরাবর}]$$

এখানে,
A বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 4\text{nC} = 4 \times 10^{-9}\text{C}$
B বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 8\text{nC} = 8 \times 10^{-9}\text{C}$
বৃত্তের ব্যাসার্ধ, $r = 15\ \text{cm} = 0.15\ \text{m}$

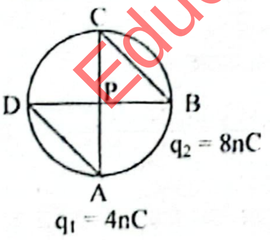
এখন, E_1 ও E_2, P বিন্দুতে পরস্পর সমকোণে ক্রিয়া করায় এদের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 90°$

$\therefore$ P বিন্দুর লব্ধি প্রাবল্য,

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\theta}$$
$$= \sqrt{(1600)^2 + (3200)^2 + 2 \times 1600 \times 3200 \cos 90°}$$
$$= 3577.71\ \text{NC}^{-1}$$

$\therefore$ P বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্যের মান $E = 3577.71\ \text{NC}^{-1}$ (Ans.)

ঘ C ও D বিন্দুর সাথে একটি পরিবাহী তার যুক্ত করলে, পরিবাহীর মুক্ত ইলেকট্রন নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে গতিশীল হবে।



ΔPCB-এ

$$BC = \sqrt{PC^2 + PB^2}$$
$$= \sqrt{r^2 + r^2}\ [\because PB = PC = r]$$
$$= \sqrt{2r^2}$$
$$= r\sqrt{2} = (0.15 \times \sqrt{2})\ \text{m}$$
$$= 0.212\ \text{m}$$

অনুরূপভাবে, $AD = BC = 0.212$ m

এখন,
A বিন্দুর q_1 চার্জের জন্য C বিন্দুর বিভব, $V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{AC}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{0.3}$$
$$= 120\text{V}$$

এখানে,
A বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 4\text{nC} = 4 \times 10^{-9}\text{C}$
B বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 8\text{nC} = 8 \times 10^{-9}\text{C}$
ব্যাসার্ধ, $r = 15\ \text{cm} = 0.15\ \text{m}$
দূরত্ব, $AC = BD = 2r = 0.3\ \text{m}$

B বিন্দুর q_2 চার্জের জন্য C বিন্দুর বিভব,

$$V_1' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{BC} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-9}}{0.212} = 339.6\text{V}$$

$\therefore$ C বিন্দুর মোট বিভব $V_C = V_1 + V_1' = (120 + 339.6)\text{V} = 459.6\text{V}$

আবার, B বিন্দুর q_2 চার্জের জন্য D বিন্দুর বিভব,

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{BD} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-9}}{0.3} = 240\text{V}$$

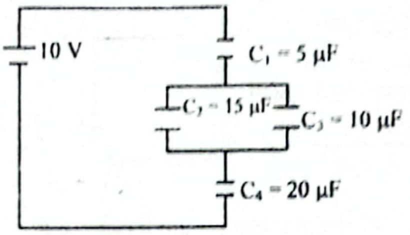
A বিন্দুর q_1 চার্জের জন্য D বিন্দুর বিভব

$$V_2' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{AD} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9}}{0.212} = 169.8\text{V}$$

$\therefore$ D বিন্দুর মোট বিভব $V_D = V_2 + V_2' = (240 + 169.8)\text{V} = 409.8\text{V}$

দেখা যাচ্ছে, $V_D < V_C$। অর্থাৎ D বিন্দু নিম্ন বিভব ও C বিন্দু উচ্চ বিভব রয়েছে। যেহেতু ইলেকট্রন নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে যায়, তাই পরিবাহীর মুক্ত ইলেকট্রনগুলো D থেকে C এর দিকে গতিশীল হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৮



ক. ধারক কাকে বলে? ১
খ. ধারক এবং তড়িৎ কোষের তুলনা করো। ২
গ. বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব বের করো। ৩
ঘ. বর্তনীর কোন ধারকটিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ সবচেয়ে বেশি? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

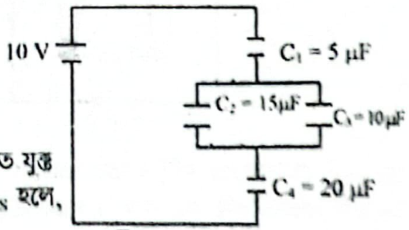
ক কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলকে ধারক বলে।

খ ধারক ও তড়িৎ কোষের তুলনা নিচে দেওয়া হলো—

ধারক	তড়িৎ কোষ
(i) পরিবাহীতে চার্জ সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক প্রক্রিয়াকে ধারক বলে।	(i) যে যন্ত্রের সাহায্যে রাসায়নিক শক্তি থেকে তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন করে তড়িৎ প্রবাহ বজায় রাখা হয়, তাকে তড়িৎ কোষ বলে।
(ii) ধারকের প্রতীক —||—	(ii) তড়িৎ কোষের প্রতীক —||—
(iii) কাছাকাছি অবস্থিত 2টি পরিবাহী দ্বারা ধারক গঠন করা হয়। পরিবাহীর মাঝে অন্তরক পদার্থ স্থাপন করে ধারকের ধারকত্ব বৃদ্ধি করা যায়।	(iii) কোষের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটনের মাধ্যমে সৃষ্ট আধান এর অভ্যন্তরে এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে প্রবাহিত হয়। তাই কোষের এক প্রান্ত ধনাত্মক ও অপর প্রান্ত ঋণাত্মক আধান সম্পন্ন হয়।
(iv) তড়িৎ ক্ষেত্রে বিভব শক্তি সঞ্চিত থাকে।	(iv) বিভব শক্তি রাসায়নিক শক্তি হিসেবে সঞ্চিত থাকে, পরে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর হয়।

গ C_2 ও C_3 ধারকদ্বয় সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্য ধারকত্ব,

$$C_P = C_2 + C_3$$
$$= (15 + 10)\ \mu\text{F}$$
$$= 25\ \mu\text{F}$$

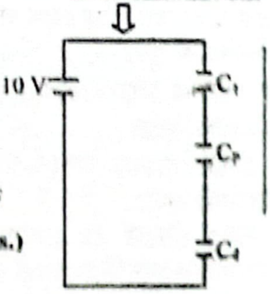


এখন, C_1, C_P ও C_4 শ্রেণিতে যুক্ত

$\therefore$ বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব C_S হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_P} + \frac{1}{C_4}$$
$$= \frac{1}{5} + \frac{1}{25} + \frac{1}{20}$$
$$= \frac{29}{100}$$
$$\therefore C_s = \frac{100}{29} = 3.4483\ \mu\text{F}$$

(Ans.)



এখানে,
$C_1 = 5\ \mu\text{F}$
$C_2 = 15\ \mu\text{F}$
$C_3 = 10\ \mu\text{F}$
$C_4 = 20\ \mu\text{F}$

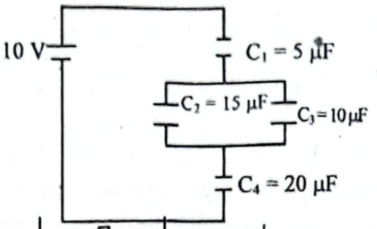
ঘ 'গ' থেকে পাই, C_2 ও C_3 এর তুল্য ধারকত্ব, $C_P = 25\mu F$ এবং বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব, $C_S = 3.4483\mu F$

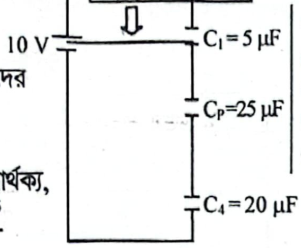
∴ সঞ্চিত চার্জ

$Q = C_S V$

$= 3.4483 \times 10^{-6} \times 10$

$= 3.4483 \times 10^{-5}$ C





এখানে,
$C_1 = 5\ \mu F$
$C_2 = 15\ \mu F$
$C_3 = 10\ \mu F$
$C_4 = 20\ \mu F$

এখন, C_1, C_P ও C_4 শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় এদের প্রত্যেকের সঞ্চিত চার্জ

$Q = 3.4483 \times 10^{-5}$C

এখন, C_1 ধারকের বিভব পার্থক্য,

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{3.4483 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-6}}$$
$= 6.9$ V

C_2 ও C_3 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় C_P এর বিভব পার্থক্য

বা, C_2 ও C_3 এর বিভব পার্থক্য, $V_2 = \frac{Q}{C_P} = \frac{3.4483 \times 10^{-5}}{25 \times 10^{-6}}$
$= 1.379$ V

C_4 ধারকের বিভব পার্থক্য, $V_3 = \frac{Q}{C_4} = \frac{3.4483 \times 10^{-5}}{20 \times 10^{-6}}$
$= 1.724$ V

সুতরাং,

C_1 ধারকের সঞ্চিত শক্তি, $U_1 = \frac{1}{2}C_1V_1^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (6.9)^2$
$= 1.19 \times 10^{-4}$ J

C_2 ধারকের সঞ্চিত শক্তি, $U_2 = \frac{1}{2}C_2V_2^2 = \frac{1}{2} \times 15 \times 10^{-6} \times (1.379)^2$
$= 1.43 \times 10^{-5}$ J

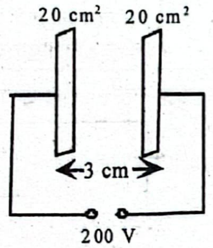
C_3 ধারকের সঞ্চিত শক্তি, $U_3 = \frac{1}{2}C_3V_2^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times (1.379)^2$
$= 9.51 \times 10^{-6}$ J

C_4 ধারকের সঞ্চিত শক্তি, $U_4 = \frac{1}{2}C_4V_3^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times (1.724)^2$
$= 2.97 \times 10^{-5}$ J

দেখা যাচ্ছে, $U_1 > U_4 > U_2 > U_3$।

সুতরাং বলা যায়, বর্তনীর C_1 ধারকটিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ সবচেয়ে বেশি।

প্রশ্ন ▶ ১৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ২



20 cm² ক্ষেত্রফলের দুটি ধাতব পাতকে 3 cm ব্যবধানে রেখে চিত্র অনুযায়ী ধারক তৈরি করা হলো। পরবর্তীতে K = 5 এবং 2 mm পুরুত্ব বিশিষ্ট একটি ব্লক পাতদ্বয়ের মাঝে রেখে ধারকত্ব নির্ণয় করা হলো।

ক. 1 eV বলতে কী বুঝ? ১
খ. কোনো ধারকের গায়ে 0.025μF – 220V লেখা থাকলে কী বুঝায়– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম ক্ষেত্রে পাতদ্বয় সম্পূর্ণ চার্জিত হলে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ১ম ক্ষেত্রে তুলনায় ২য় ক্ষেত্রে ধারকের কীরূপ পরিবর্তন হবে– গাণিতিকভাবে নির্ণয় করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ ক্ষেত্রের দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য যদি 1V হয় তবে একটি মুক্ত ইলেকট্রন একবিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে গতিশীল হ পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বা 1 eV ব

খ কোনো ধারকের গায়ে 0.025 μF–220 V লেখার অর্থ- বিভব 1V বৃদ্ধি করতে 0.025 μC চার্জ প্রয়োজন এবং সর্বোচ্চ 220V ডিসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা যায় এবং এই বিভব প্রয়োগে এটি $Q = CV = 0.025 \times 10^{-6} \times 220 = 0.55 \times$ মানের চার্জ সঞ্চয় করতে পারে।

গ সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব C হলে,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 20 \times 10^{-4}}{0.03}$$
$= 5.9 \times 10^{-13}$ F

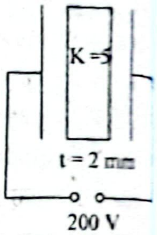
এখানে,
পাতের ক্ষেত্রফল, A = 20 c
= 20 × 10
পাতদ্বয়ের দূরত্ব, d = 3cm
= 0.03
বিভব পার্থক্য, V = 200 V

১ম ক্ষেত্রে পাতদ্বয় সম্পূর্ণ চার্জিত হলে সঞ্চিত শক্তি

$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 5.9 \times 10^{-13} \times (200)^2$
$= 1.18 \times 10^{-8}$ J (Ans.)

ঘ 'গ' থেকে পাই, ১ম ক্ষেত্রে ধারকের ধারকত্ব
$C_1 = 5.9 \times 10^{-13}$ F

পরবর্তীতে সমান্তরাল পাত ধারকের মাঝখানে ব্লক রাখা হলে, ধারকত্ব হবে,



$$C_2 = \frac{\epsilon_0 A}{\left[d - t\left(1 - \frac{1}{k}\right)\right]}$$
$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 20 \times 10^{-4}}{\left[0.03 - 0.002\left(1 - \frac{1}{5}\right)\right]}$$
$= 6.24 \times 10^{-13}$F

দেখা যাচ্ছে, $C_2 > C_1$

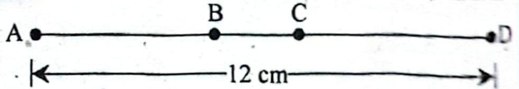
এখানে,
পাতের ক্ষেত্রফল,
A = 20 cm² = 20 × 1
পাতদ্বয়ের দূরত্ব, d = 3 c
= 0.0
ব্লকের পুরুত্ব, t = 2 mm
= 0.002
ব্লকের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক,
k = 5

এবং, $\frac{C_2}{C_1} = \frac{6.24 \times 10^{-13}}{5.9 \times 10^{-13}} = 1.058$

∴ $C_2 = 1.058C_1$

সুতরাং বলা যায়, ১ম ক্ষেত্রে তুলনায় ২য় ক্ষেত্রের ধারকত্ব বৃদ্ধি 1.058 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৯ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▌প্র



চিত্রের B ও C বিন্দুতে যথাক্রমে +9 nC ও –16 nC আধানযু বিন্দু বস্তু দৃঢ়ভাবে রাখা আছে। AD = 12 cm; B, AD এর ম এবং C বিন্দু AD কে 2 : 1 অনুপাতে অন্তর্বিভক্ত করে।

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কাকে বলে?
খ. চার্জিত গোলকের পৃষ্ঠে তড়িৎ প্রাবল্য সর্বোচ্চ— ব্যাখ্যা কর
গ. D বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো।
ঘ. তৃতীয় একটি একক ধনাত্মক আধানযুক্ত বিন্দু বস্তু বিন্দুতে স্থাপন করলে বস্তুটি কোন দিকে গতিশীল গাণিতিক বিশ্লেষণসহ নির্ণয় করো।

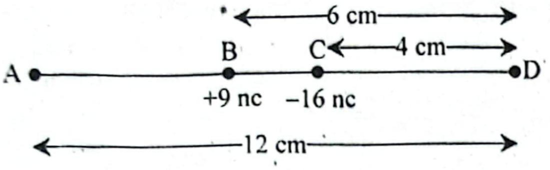
১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রি বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোনো ম ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে

খ আমরা জানি, চার্জিত গোলকের চার্জ q ও ব্যাসার্ধ R হলে, পৃষ্ঠে তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R^2}$। ধাতব গোলকের বাইরের r দূরত্বের কোনো বিন্দুর জন্য তড়িৎ প্রাবল্য, $E' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$। এক্ষেত্রে $r > R$ হওয়ায় $E > E'$, যেহেতু প্রাবল্য দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। এজন্য চার্জিত গোলকের বাইরের যেকোনো বিন্দুর তুলনায় পৃষ্ঠে প্রাবল্য বেশি। এখন, চার্জিত ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য, $E_1 = 0$ এবং চার্জিত নিরেট গোলকের অভ্যন্তরে r দূরত্বে প্রাবল্য, $E_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{r}{R^3}$।

অর্থাৎ, চার্জিত নিরেট গোলকের কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে প্রাবল্য বৃদ্ধি পায় এবং পৃষ্ঠে প্রাবল্য সবচেয়ে বেশি হয়। এজন্য চার্জিত গোলকের পৃষ্ঠে তড়িৎ প্রাবল্য সর্বোচ্চ।

গ



AD এর মধ্যবিন্দু B হওয়ায় $AB = BD = \frac{12}{2} = 6$ cm

C বিন্দু AD কে 2 : 1 অনুপাতে অন্তর্বিভক্তি করায়,

$AC = \frac{2}{3}AD = \frac{2}{3} \times 12 = 8$ cm, $CD = 12 - 8$

$= 4$ cm

এখানে,

B বিন্দুর চার্জ, $q_1 = +9$ nC

C বিন্দুর চার্জ, $q_2 = -16$ nC

দূরত্ব AD = 12 cm

= 0.12 m

দূরত্ব, $BD = r_1 = 6$ cm

= 0.06 m

দূরত্ব, $CD = r_2 = 4$ cm

= 0.04 m

B বিন্দুর চার্জের জন্য D বিন্দুর তড়িৎ বিভব,

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r_1}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-9}}{0.06}$$

$$= 1350 \text{ V}$$

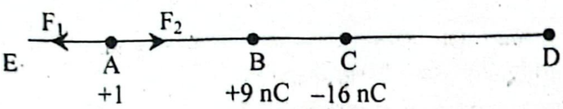
C বিন্দুর চার্জের জন্য D বিন্দুর তড়িৎ বিভব,

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{r_2}, = \frac{9 \times 10^9 \times (-16 \times 10^{-9})}{0.04} = -3600 \text{ V}$$

∴ D বিন্দুর মোট বিভব, $V = V_1 + V_2$

$= (1350 - 3600)$ V $= -2250$V **(Ans.)**

ঘ



B বিন্দুর চার্জের জন্য A বিন্দুর চার্জের উপর তড়িৎ বল,

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_1}{r_1^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 9 \times 10^{-9}}{(0.06)^2}$$

$= 22500$ N [AE বরাবর]

এখানে,

B বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 9$ nC

C বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 16$ nC

'গ' থেকে পাই,

দূরত্ব, $AB = r_1 = 6$ cm

= 0.6 m

দূরত্ব, AC = 8 cm

= 0.08 m

A বিন্দুর চার্জ, q = +1 C

C বিন্দুর চার্জের জন্য A বিন্দুর চার্জের উপর তড়িৎ বল,

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_1}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 16 \times 10^{-9}}{(0.08)^2} = 22500 \text{ N [AB বরাবর]}$$

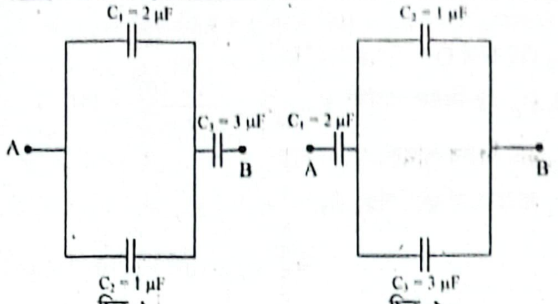
দেখা যাচ্ছে, $F_1 = F_2$ এবং এদের দিক পরস্পর বিপরীত,

তাই A বিন্দুর চার্জের উপর লব্ধি তড়িৎ বল,

$F = F_1 - F_2 = 22500 - 22500 = 0$ N

সুতরাং বলা যায়, A বিন্দুতে স্থাপিত আধানটি সাম্যাবস্থায় থাকবে এবং কোনো দিকে গতিশীল হবে না।

প্রশ্ন ▸ ২০ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৬



চিত্র-১ চিত্র-২

চিত্র-১ ও চিত্র-২ এর উভয় বর্তনীর A ও B বিন্দুর মধ্যে 220V বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হল। প্রতিটি ধারকের প্রতিটি সমান্তরাল পাতের ক্ষেত্রফল 6 cm²।

ক. চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর আধান – 0.8 C হতে পারে কী? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্র-১ এর C_3 ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব কত? (শূন্যস্থানে) ৩

ঘ. চিত্র-১ ও চিত্র-২ এর C_1 ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ একই কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর তলে কোনো বিন্দুর চতুর্দিকে ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলে অবস্থিত চার্জের পরিমাণ এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব বলে।

খ আধানের কোয়ান্টায়ন অনুযায়ী, কোনো বস্তুতে আধানের মোট পরিমাণ ইলেকট্রনের আধান $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C এর পূর্ণ সংখ্যক গুণিতক হবে। অর্থাৎ $q = ne$, এখানে n হচ্ছে ধনাত্মক পূর্ণসংখ্যা।

এখন, $q = -0.8$ C হলে, $q = ne$

বা, $n = \frac{q}{e} = \frac{-0.8}{-1.6 \times 10^{-19}}$

∴ $n = 5 \times 10^{18}$ যা একটি পূর্ণসংখ্যা। তাই কোনো বস্তুর আধান – 0.8 C হতে পারে।

গ আমরা জানি,

$$C_3 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$\therefore d = \frac{\epsilon_0 A}{C_3}$$

$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 6 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-6}}$$

$$= 17.708 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$= 1.7708$ nm **(Ans.)**

এখানে,

বায়ুর তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক,

$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ C².N⁻¹m⁻²

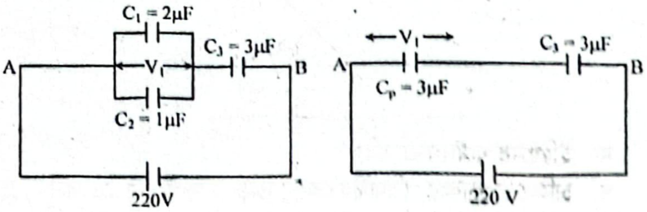
ক্ষেত্রফল, $A = 6$ cm²

$= 6 \times 10^{-4}$ m²

ধারকত্ব, $C_3 = 3\mu F = 3 \times 10^{-6}$F

মধ্যবর্তী দূরত্ব, d = ?

ঘ চিত্র-১ এ বর্তনী পাশে দেওয়া হলো:



C_1 ও C_2 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্য ধারকত্ব

$C_p = C_1 + C_2$

$= (2 + 1)$ µF $= 3$µF

C_p ও C_3 শ্রেণিতে যুক্ত।

∴ বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব C_{eq} হলে,

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

এখানে,

$C_1 = 2\mu F$

$C_2 = 1\mu F$

$C_3 = 3\mu F$

$V = 220V$

$\therefore C_{eq} = \frac{3}{2}\mu F = 1.5\mu F$

চার্জ $Q = C_{eq} V = 1.5 \times 10^{-6} \times 220 = 3.3 \times 10^{-4} C$

$\therefore C_p$ এর চার্জ $Q = 3.3 \times 10^{-4} C$

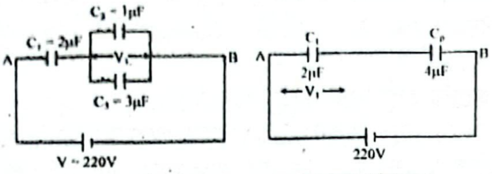
এখন, C_p এর বিভব পার্থক্য $V_1 = \frac{Q}{C_p} = \frac{3.3 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-6}} = 110\ V$

$\therefore C_1$ এর বিভব পার্থক্য $V_1 = 110\ V$

$\therefore C_1$ ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $U_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (110)^2 = 0.0121\ J$$

চিত্র-২ এর বর্তনীটি পাশে দেওয়া হলো:



বর্তনীতে C_2 ও C_3 সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্য ধারকত্ব,

$C_p = C_2 + C_3 = (1 + 3)\ \mu F = 4\mu F$

এখন, C_1 ও C_p শ্রেণিতে যুক্ত।

তাই বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব C_{eq} হলে,

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_p} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

$\therefore C_{eq} = \frac{4}{3}\mu F$

এখানে,
$C_1 = 2\mu F$
$C_2 = 1\mu F$
$C_3 = 3\mu F$
$V = 220V$

চার্জ, $Q = C_{eq} V = \frac{4}{3} \times 10^{-6} \times 220 = 2.93 \times 10^{-4}\ C$

$\therefore C_1$ ধারকের চার্জ $Q_1 = 2.93 \times 10^{-4}\ C$

C_1 ধারকের বিভব, $V_1 = \frac{Q_1}{C_1}$

$$= \frac{2.93 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-6}} = 146.667\ V$$

$\therefore C_1$ ধারকে সঞ্চিত শক্তি,

$$U_1' = \frac{1}{2} C_1 V_1^2$$

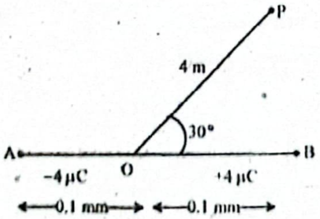
$$= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (146.667)^2$$

$$= 0.0215\ J$$

দেখা যাচ্ছে, $U_1' \neq U_1$ বরং $U_1' > U_1$

সুতরাং বলা যায়, চিত্র-১ ও চিত্র-২ এর C_1 ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ একই না।

প্রশ্ন ▶ ২১ যশোর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ২



ক. ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা কী? ১

খ. চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্রে তড়িৎপ্রাবল্য শূন্য হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে তড়িৎ বিভব বের করো। ৩

ঘ. OP রেখা দ্বিমেরুর মধ্য বিন্দুতে যথাক্রমে 0° এবং 90° কোণ উৎপন্ন করলে P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ইঞ্জিন সরবরাহকৃত তাপের শতকরা যত অংশ কাজে রূপান্তরিত করতে পারে, তাই ঐ ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা।

খ কোনো গোলাকার পরিবাহীর পৃষ্ঠে সুষমভাবে বণ্টিত চার্জ তড়িৎ বলরেখাগুলো এমনভাবে নির্গত হয়, যেন মনে হয় এগুলো থেকে নির্গত হচ্ছে। গোলকের কেন্দ্রে চার্জ স্থাপন না হলেও গোলকের বাইরে বলরেখার সংখ্যা ও প্রকৃতি একই হতো। কিন্তু চার্জিত গোলকের বলরেখা গুলো কেন্দ্র থেকে নির্গত হচ্ছে বলে মনে হলেও গোলকের ভেতরে কোনো বলরেখা থাকে না। তাই গোলকের কেন্দ্র থেকে পৃষ্ঠের মধ্যে যে কোনো দূরত্বে কোনো বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হয়।

এ কারণেই চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য।

গ

দ্বিমেরু ভ্রামক p হলে

$p = q \times 2l$

$= 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-4}$

$= 8 \times 10^{-10}\ Cm$

এখানে,
চার্জ, $q = 4\ \mu C$
$= 4 \times 10^{-6}\ C$
দ্বিমেরুর মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$2l = AB = (0.1 + 0.1)\ mm$
$= 0.2\ mm = 2 \times 10^{-4}\ m$

P বিন্দুতে তড়িৎ বিভব V হলে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p\cos\theta}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-10} \times \cos 30°}{4^2}$$

$= 0.3897\ V$ **(Ans.)**

এখানে,
দ্বিমেরু ভ্রামক,
$p = 8 \times 10^{-10}\ Cm$
কোণ, $\theta = 30°$
দূরত্ব, $OP = r = 4\ m$

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, OP রেখা দ্বিমেরুর মধ্য বিন্দুতে 0° কোণ উৎপন্ন করলে P বিন্দুর অবস্থান দ্বিমেরুর অক্ষের উপর।

এক্ষেত্রে, OP রেখার অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ $\theta_1 = 0°$। এক্ষেত্রে P বিন্দুর প্রাবল্য E_1 হলে,

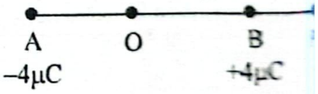
এখানে,
কোণ, $\theta_1 = 0°$
'গ' থেকে পাই দ্বিমেরু ভ্রামক
$p = 8 \times 10^{-10}\ Cm$
দূরত্ব $r = 4m$

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{p}{r^3}\sqrt{1 + 3\cos^2\theta_1}$$

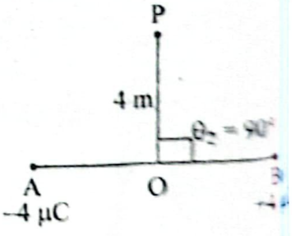
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{p}{r^3}\sqrt{1 + 3(\cos 0)^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{p}{r^3}\sqrt{1 + 3}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2p}{r^3} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 8 \times 10^{-10}}{(4)^3} = 0.225\ NC^{-1}$$



২য় ক্ষেত্রে, OP রেখা দ্বিমেরুর মধ্যবিন্দুতে 90° কোণ উৎপন্ন করলে P বিন্দুর অবস্থান দ্বিমেরুর অক্ষের লম্বসমদ্বিখন্ডকের উপর। এক্ষেত্রে OP রেখার অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ $\theta_2 = 90°$



P বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য E_2 হলে,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{p}{r^3}\sqrt{1 + 3\cos^2\theta_2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{p}{r^3}\sqrt{1 + 3(\cos 90°)^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{p}{r^3}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-10}}{(4)^3} = 0.1125\ NC^{-1}$$

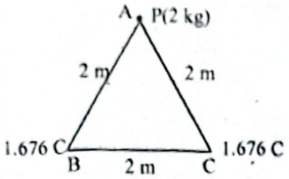
এখানে,
দূরত্ব, $OP = r = 4\ m$
কোণ, $\theta_2 = 90°$
'গ' থেকে পাই দ্বিমেরু ভ্রামক
$p = 8 \times 10^{-10}\ Cm$

দেখা যাচ্ছে; $E_1 > E_2$ এবং $\frac{E_1}{E_2} = \frac{0.225}{0.1125} = 2$।

সুতরাং বলা যায়, ২য় অবস্থানের তুলনায় ১ম অবস্থানে P বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য দ্বিগুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ২২ যশোর বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৩

দ্বাদশ শ্রেণির ছাত্রী লাবিবা বলল, A বিন্দুতে স্থাপিত P বস্তুটি ঝুলবে। কিন্তু তার বান্ধবী লামিসা বলল, এটি সম্ভব নয়।



চিত্রে ABC একটি সমবাহু ত্রিভুজ।

ক. গাউসের সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব-বনাম বিভব লেখচিত্রের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। ২

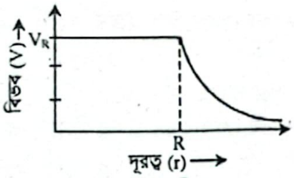
গ. উদ্দীপকের A বিন্দুর বিভবের মান কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত দুই জনের মধ্যে কার উক্তিটি সঠিক? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের ϵ_0 গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবন্ধ চার্জের সমান।

খ নিচে কোনো চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বনাম বিভব-এর লেখ চিত্র দেওয়া হলো—



আমরা জানি, R ব্যাসার্ধের চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে যেকোনো বিন্দুতে বিভব গোলকের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুর বিভবের (V_R) সমান। অর্থাৎ গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = V_R = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R} \quad [\text{শূন্য মাধ্যম}]$$

এখানে, q = গোলক পৃষ্ঠের চার্জ
V_R = গোলক পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে বিভব
R = গোলকের ব্যাসার্ধ
ε_0 = শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদন যোগ্যতা

আবার, গোলকের বাইরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

এখানে, r = কেন্দ্র হতে ঐ বিন্দুর দূরত্ব

অর্থাৎ $V \propto \frac{1}{r}$

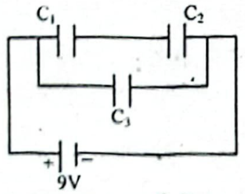
সুতরাং কেন্দ্র হতে পৃষ্ঠ পর্যন্ত একটি চার্জিত গোলকের যেকোনো বিন্দুর বিভব সমান বা ধ্রুব কিন্তু পৃষ্ঠ হতে বাইরে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে বিভব কমতে থাকে অর্থাৎ বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.5084×10^{10} V।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A বিন্দুতে স্থাপিত P বস্তুটিতে 3nC চার্জ থাকলে P বস্তুটি ঝুলবে। তখন লাবিবার উক্তিটি সঠিক হবে।
কিন্তু P বস্তুতে 3nC চার্জ না থাকলে এটি A বিন্দুতে ঝুলবে না। তখন লামিসার উক্তিটি সঠিক হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৩ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ২



চিত্রানুযায়ী বর্তনীতে যুক্ত ধারকগুলোর প্রতিটির মান 900 pF। পাতদ্বয়ের ব্যবধান 0.4 cm। $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2 N^{-1} m^{-2}$।

ক. ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ কাকে বলে? ১

খ. কার্শফের প্রথম সূত্র চার্জের সংরক্ষণ নীতি মেনে চলে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ধারকের যে কোনো একটি পাতের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. C_3 ধারককে অপসারণ করে C_1 ধারকের মধ্যে কাগজ (K = 3) দ্বারা পূর্ণ করা হলে, বর্তনীর সঞ্চিত তড়িৎ শক্তি পূর্বাপেক্ষা বেশি হবে কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড়বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে তাকে ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ বলে।

খ ২(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ

আমরা জানি, শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব,

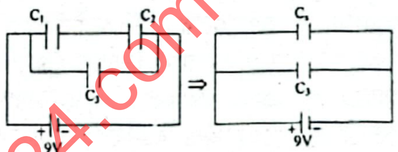
$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$\text{বা, } A = \frac{Cd}{\epsilon_0} = \frac{900 \times 10^{-12} \times 0.4 \times 10^{-2}}{8.854 \times 10^{-12}} = 0.41\ m^2$$

এখানে,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^2$
ধারকত্ব, C = 900 pF
$= 900 \times 10^{-12}$ F
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
d = 0.4 cm
$= 0.4 \times 10^{-2}$ m
পাতের ক্ষেত্রফল, A = ?

∴ ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল = $0.41\ m^2$ **(Ans.)**

ঘ



বর্তনীতে C_1 ও C_2 ধারকদ্বয় শ্রেণিতে যুক্ত। এদের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{900} + \frac{1}{900} = \frac{1}{450}$$

$\therefore C_s = 450$ pF

C_s ও C_3 সমান্তরালে যুক্ত। তাই বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব

$$C_p = C_s + C_3 = (450 + 900)\ \text{pF} = 1350\ \text{pF}$$

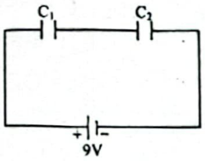
বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি,

$$U_1 = \frac{1}{2} C_p V^2$$

এখানে,
$C_1 = C_2 = C_3 = 900$ pF
বিভব পার্থক্য, V = 9V

$$= \frac{1}{2} \times 1350 \times 10^{-12} \times (9)^2 = 5.46 \times 10^{-8}\ J$$

এখন, C_3 ধারককে অপসারণ করলে বর্তনীটি হবে



এখন, C_1 ধারকের মধ্যে কাগজ দ্বারা পূর্ণ করা হলে, পরিবর্তিত ধারকত্ব

$$C_1' = KC_1 = 3C_1 \quad [\text{কাগজের ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবক } K = 3]$$

$$= (3 \times 900)\ \text{pF} = 2700\ \text{pF}$$

এখন, C_1' ও C_2 ধারকদ্বয় শ্রেণিতে যুক্ত। এদের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s'} = \frac{1}{C_1'} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2700} + \frac{1}{900} = \frac{1}{675}$$

$\therefore C_s' = 675$ pF

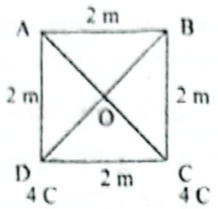
এখন, বর্তনীর সঞ্চিত তড়িৎ শক্তি,

$$U_2 = \frac{1}{2} C_s' V^2 = \frac{1}{2} \times 675 \times 10^{-12} \times 9^2 = 2.73 \times 10^{-8} J$$

দেখা যাচ্ছে, $U_2 < U_1$

সুতরাং বলা যায়, পরিবর্তিত অবস্থায় বর্তনীর সঞ্চিত তড়িৎ শক্তি পূর্বাপেক্ষা বেশি হবে না, বরং কম হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৪ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৫



চিত্রানুযায়ী বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র O-তে 1 μC চার্জে চার্জিত 12 kg ভরের একটি ধাতব গোলক রাখা হলো।

ক. গাউসের সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. বর্তনীতে প্রবাহ পরিমাপে অ্যামিটারকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের 'O' বিন্দুতে মোট বিভব কত? ৩

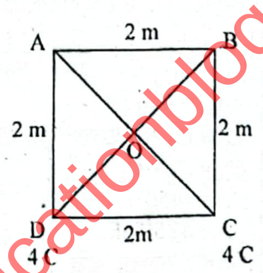
ঘ. ধাতব গোলকটিকে সাম্যাবস্থায় রাখতে কী পরিমাণ বল কোনদিকে প্রয়োগ করতে হবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের $\in_0$ গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করার জন্য অ্যামিটারকে বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হয়। শ্রেণি সমবায়ে বর্তনীতে যুক্ত সকল যন্ত্রের মধ্য দিয়ে একই মানের তড়িৎপ্রবাহ প্রবাহিত হয়। এ কারণে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ সঠিকভাবে পরিমাপের জন্য বর্তনীতে অ্যামিটারকে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করতে হয়।

গ বর্গের কর্ণের দৈর্ঘ্য,



$AC = BD = a\sqrt{2} = 2\sqrt{2}$ m

$\therefore OC = OD = \frac{1}{2}(2\sqrt{2}) = \sqrt{2}$ m

C বিন্দুর 4 C চার্জের জন্য O বিন্দুর বিভব,

$V_1 = \frac{1}{4\pi\in o}\frac{q_1}{r}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{4}{\sqrt{2}}$ V

D বিন্দুর 4 C চার্জের জন্য O বিন্দুর বিভব,

$V_2 = \frac{1}{4\pi\in o}\frac{q_2}{r}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{4}{\sqrt{2}}$ V

এখানে,
AB = BC = CD = AD = a = 2m
C বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 4$ C
D বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 4$ C
$r = OC = OD = \sqrt{2}$ m

O বিন্দুর মোট বিভব

$V = V_1 + V_2$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{4}{\sqrt{2}} + 9 \times 10^9 \times \frac{4}{\sqrt{2}} = 2 \times 9 \times 10^9 \times \frac{4}{\sqrt{2}}$

$= 5.09 \times 10^{10}$ V **(Ans.)**

ঘ C বিন্দুর +4 C চার্জের জন্য O বিন্দুর প্রাবল্য,

$E_1 = \frac{1}{4\pi\in_0}\frac{q_1}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{4}{(\sqrt{2})^2}$

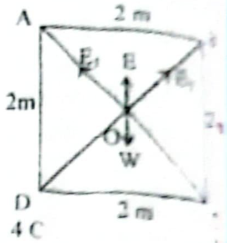
$= 1.8 \times 10^{10}$ NC^{-1}

[OA বরাবর]

D বিন্দুর +4C চার্জের জন্য

এখানে,
C বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 4$ C
D বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 4$ C
'গ' থেকে পাই,
দূরত্ব, $OC = OD = r = \sqrt{2}$ m
O বিন্দুর ধাতব গোলকের,
ভর, m = 12 kg
চার্জ, q = 1 μC
$= 10^{-6}$ C

O বিন্দুর প্রাবল্য,



$E_2 = \frac{1}{4\pi\in_0}\frac{q_2}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{4}{(\sqrt{2})^2}$

$= 1.8 \times 10^{10}$ NC^{-1} [OB বরাবর]

E_1 ও E_2 এর মধ্যবর্তী কোণ

$\angle AOB = \theta = 90°$

$\therefore$ O বিন্দুতে E_1 ও E_2 এর লব্ধি প্রাবল্য,

$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos 90°}$

$= \sqrt{E_1^2 + E_1^2}$ $[E_1 = E_2]$

$= E_1\sqrt{2} = 1.8 \times 10^{10} \times \sqrt{2} = 2.55 \times 10^{10}$ NC^{-1}

$E_1 = E_2$ হওয়ায় এদের লব্ধি E, ∠AOB কে সমদ্বিখণ্ডিত করে,
তাই, E এর দিক OE বরাবর খাড়া উপরের দিকে

O বিন্দুর গোলকের উপর ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল,

$F = qE = 10^{-6} \times 2.55 \times 10^{10} = 2.55 \times 10^4$ N [উপরের দি

ধাতব গোলকের ওজন, $W = mg = 12 \times 9.8$

$= 117.6$ N [নিচের দি

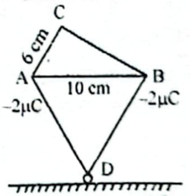
দেখা যাচ্ছে, F > W

ধাতব গোলকের উপর ক্রিয়াশীল লব্ধি বল,

$F_1 = F - W = (2.55 \times 10^4 - 117.6)$ N $= 2.538 \times 10^4$ N [উপরের দি

সুতরাং, O বিন্দুর ধাতব গোলকটি ওপরের দিকে F_1 এর সমান ম বল অনুভব করবে। তাই বলা যায়, ধাতব গোলকটিকে সাম্যাব রাখতে F_1 এর সমান মানের 2.538×10^4 N বল নিচের দিকে প্র করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৫ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌ প্রশ্ন নং ২, রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ▌ প্র



চিত্রে 100 g ভর এবং 1 μC চার্জের একটি গোলক ভূমির উপ বিন্দুতে অবস্থিত। এখানে AB = AD = BD এবং ∠ACB = 9 সমগ্র ব্যবস্থাটি উলম্ব অবস্থায় রাখা আছে।

ক. অন্তঃস্থ শক্তি কী?

খ. তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনও 100% হতে পারে না— ব্য করো।

গ. A ও B বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নি করো।

ঘ. D বিন্দুর গোলকটি উপরে উঠবে কিনা— গাণিতিকভা যাচাই করো।

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সিস্টেমের সকল কণার মোট বিভব শক্তি ও গতি শক্তি বিনিময়ে সিস্টেম বাহ্যিক শক্তি সরবরাহ ছাড়া কাজ করতে পারে, সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি।

খ কোনো তাপ ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে, তাপ উৎস ও তাপগ্রাহকের তাপ যথাক্রমে T_1 ও T_2 হলে, ঐ তাপ ইঞ্জিনের ক্ষেত্রে দক্ষতা, η

$\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right) \times 100\%$

এখন 100% দক্ষতার জন্য $T_2 = 0$ K হতে হবে। কিন্তু বাস্তবে তাপমাত্রা অর্জন করা সম্ভব নয় এবং এতো নিম্ন তাপমাত্রায় আয়তন শূন্য হয়ে যায়। যেহেতু $T_2 > 0$ K, তাই $T_1 - T_2 < T_1$
অতএব, η < 100%, অর্থাৎ, তাপ ইঞ্জিনের দক্ষতা কখনও 100% পারে না।

গ C বিন্দুতে A বিন্দু কর্তৃক সৃষ্ট তড়িৎ বিভব, V_A হলে–

$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_A}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{-2 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-2}}$

$= -3 \times 10^5$ V

এখানে,
A বিন্দুতে চার্জ, $q_A = -2\ \mu C$
$= -2 \times 10^{-6}$ C
দূরত্ব, $r_A = 6$ cm
$= 6 \times 10^{-2}$ m

C বিন্দুতে B বিন্দু কর্তৃক সৃষ্ট তড়িৎ বিভব, V_B হলে–

$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_B}{r_B}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{-2 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}}$

$= -2.25 \times 10^5$ V

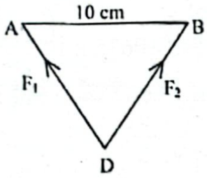
এখানে,
B গোলকে চার্জ, $q_B = -2\ \mu C$
$= -2 \times 10^{-6}$ C
$\because \Delta ACB$ সমকোণী ত্রিভুজ।
$\therefore AB^2 = AC^2 + BC^2$
বা, $BC^2 = AB^2 - AC^2$
বা, $BC = \sqrt{10^2 - 6^2}$
$\therefore BC = 8$ cm
দূরত্ব, $r_B = BC = 8$ cm $= 8 \times 10^{-2}$ m

∴ C বিন্দুতে মোট তড়িৎ বিভব, $V = V_A + V_B$

$= -3 \times 10^5 - 2.25 \times 10^5$

$= -5.25 \times 10^5$ V **(Ans.)**

ঘ বস্তুটিকে সাম্যাবস্থায় রাখতে হলে D বিন্দুতে স্থাপিত গোলকটির ওপর ক্রিয়াশীল বলগুলোর লব্ধি শূন্য হতে হবে।



এখানে, $Q_A = -2 \times 10^{-6}$ C বা, $Q_B = -2 \times 10^{-6}$ C চার্জের জন্য D বিন্দুতে স্থাপিত Q = 1μC যথাক্রমে F_1 ও F_2 হলে, C চার্জের ওপর ক্রিয়াশীল বলের মান,

$F_1 = F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{Q_A Q}{r^2}$ $[\because Q_A = Q_B]$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{-2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.1)^2}$

$= -1.8$ N

F_1 ও F_2 বলের জন্য লব্ধি বল F হলে,

$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos 60°}$

$= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_1F_2}$

$= \sqrt{3}\, F_1$ $[\because F_1 = F_2]$

$= \sqrt{3} \times 1.8 = 3.1177$ N

এখানে,
AB = AD = BD = 10 cm
$\therefore \angle ADC = 60°$

F_1 ও F_2 এর লব্ধি তড়িৎ বল F উল্লম্বভাবে উপরের দিকে ক্রিয়া করে।

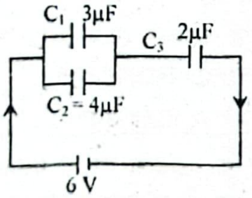
বস্তুটির ওজন F_W হলে,

$F_w = mg$
$= 0.1 \times 9.8$
$= 0.98$ N

এখানে,
বস্তুটির ভর, m = 100 g
= 0.1 kg
অভিকর্ষজ ত্বরণ, g = 9.8 ms^{-2}

এখন, লব্ধি তড়িৎ বল (F) ও বস্তুর ওজন (F_w) পরস্পর বিপরীতে ক্রিয়া করলেও $F > F_w$ হওয়ায় বস্তুটির ওপর নিট বল উপরের দিকে কাজ করবে। সুতরাং D বিন্দুর গোলকটি উপরে উঠবে।

প্রশ্ন ▸ ২৬ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ২



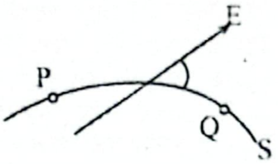
বর্তনীতে বায়ু মাধ্যমে ধারকগুলোর প্রতিটির পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.1 mm। তিনটি ধারককেই প্রদেয় তিনটি স্থানের মধ্যেই অবস্থান পরিবর্তন করা যায়।

ক. কির্শফের ১ম সূত্রটি লিখো। ১
খ. সমবিভব তলের সাথে তড়িৎক্ষেত্রের মধ্যবর্তী কোণ 90° কেন? ২
গ. C_1 ধারকের পাতের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ধারক তিনটি অবস্থান কীভাবে পরিবর্তন করলে বর্তনীতে সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে বর্তনী চিত্র অংকনপূর্বক বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ যেকোনো সংযোগ বিন্দুতে $\sum i = 0$।

খ কোনো সমবিভব তলের যেকোনো বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য লম্বভাবে ক্রিয়া করে। নিচে তা প্রমাণ করা হলো:



ধরা যাক, P এবং Q দু'টি বিন্দু। এদের তড়িৎ বিভব যথাক্রমে V_P এবং V_Q। আর PQ রেখার সাথে তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য ϕ কোণ উৎপন্ন করেছে। একটি একক ধনচার্জকে Q থেকে P বিন্দুতে আনতে সম্পাদিত কাজ,

$W = E \cos\varphi \times PQ$ .... (1)

আবার, বিভব পার্থক্যের সংজ্ঞানুসারে সম্পাদিত কাজ,

$W = V_P - V_Q$ .... (2)

সুতরাং (1) নং ও (2) নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$V_P - V_Q = E \cos\varphi \times PQ$ .... (3)

এখন যদি P ও Q বিন্দুদ্বয় সমবিভব তল S-এর উপর অবস্থিত হয় তবে, $V_P = V_Q$ অর্থাৎ, $V_P - V_Q = 0$

সুতরাং, (3) নং সমীকরণকে লেখা যায়,

$E \cos\varphi \times PQ = 0$

কিন্তু $E \neq 0$ এবং $PQ \neq 0$

$\therefore \cos\varphi = 0$

বা, $\varphi = \frac{\pi}{2} = 90°$

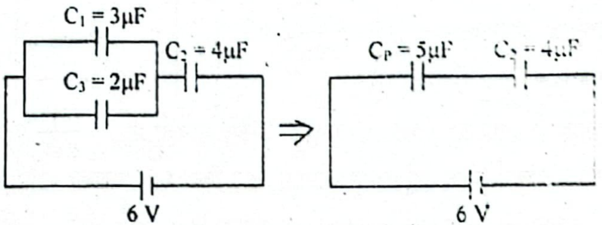
সুতরাং সমবিভব তলের সাথে তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যবর্তী কোণ 90°: কারণ সমবিভব তলের ওপর সকল বিন্দুতে বিভব সমান হয়।

গ ২৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 33.898 m^2

ঘ আমরা জানি, ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2}CV^2$

বিভব পার্থক্য V ধ্রুবক হলে, $U \propto C$, অর্থাৎ সঞ্চিত শক্তি ধারকত্বের সমানুপাতিক। ধারকত্ব বেশি হলে সঞ্চিত শক্তিও বেশি হবে

চিত্রে $C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 4\mu F$, $C_3 = 2\mu F$। এদের তুল্য ধারকত্ব C_{eq} সর্বোচ্চ হবে যদি এদের নিম্নোক্ত উপায়ে যুক্ত করা হয়:



এখানে, C_1 ও C_3 সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্য ধারকত্ব,

$C_p = C_1 + C_3 = (3 + 2)\ \mu F = 5\mu F$

আবার, C_p ও C_2 শ্রেণিতে যুক্ত। এদের তুল্য ধারকত্ব C_{eq} হলে,

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{4} = \frac{9}{20}$

$\therefore C_{eq} = \frac{20}{9}\ \mu F = 2.22\mu F$

চিত্রের সমবায়ের জন্য বর্তনীতে সঞ্চিত শক্তি,

$U = \frac{1}{2} C_{eq} V^2$

$= \frac{1}{2} \times 2.22 \times 10^{-6} \times (6)^2$

$= 4 \times 10^{-5}$ J

এখানে,
$C_{eq} = 2.22\mu F$
$= 2.22 \times 10^{-6}$ F
বিভব পার্থক্য, V = 6 V

সুতরাং, ধারক তিনটির অবস্থান উপরের চিত্রের মতো করলে বর্তনীতে সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ২৭ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৭

বায়ু মাধ্যমে কোনো ধারকের সমান্তরাল পাত দুটির প্রতিটির ক্ষেত্রফল 1×10^{-4} m² এবং তারা পরস্পর হতে 2×10^{-3} m দূরে অবস্থিত। ধারকটিকে 2 μC আধানে চার্জিত করলে পাতদ্বয়ের মধ্যে 4 mV বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয়। পরবর্তীতে পাত দুটিকে সমদ্বিখণ্ডিত করে একই ব্যবধানে রেখে দুটি ধারক তৈরি করে শ্রেণি সমবায়ে সাজানো হলো।

ক. গাউসীয় তল কাকে বলে? ১

খ. একই দূরত্বে অবস্থিত দুটি চার্জের ক্রিয়াশীল বল পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম দ্বারা কীভাবে প্রভাবিত হয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আদি অবস্থায় ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রবল্য নির্ণয় করো। ৩

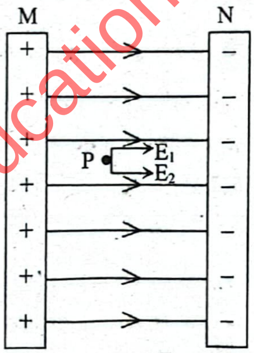
ঘ. পরবতী ঘটনায় সঞ্চিত শক্তি পূর্বাপেক্ষা বৃদ্ধি পাবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্রানুসারে, তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের $\in_0$ গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান। এ কল্পিত বন্ধ তলকে গাউসীয় তল বলে।

খ আমরা জানি, কুলম্বের সূত্রানুযায়ী দুটি চার্জ q_1 ও q_2 কে শূন্য মাধ্যমে রাখলে এদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল, $F_0 = \frac{1}{4\pi\in_0}\frac{q_1q_2}{r^2}$, যেখানে r = দূরত্ব এবং $\in_0$ = শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা। ওই দুটি চার্জকে আবার অন্য মাধ্যমে রাখলে তাদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল $F = \frac{1}{4\pi\in}\frac{q_1q_2}{r^2}$, যেখানে, $\in$ = ঐ মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা। এখন, $\frac{F_0}{F} = \frac{\in}{\in_0} = \in_r$ যেখানে, $\in_r$ = মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক। সুতরাং, $F_0 = \in_r F$ বা, $F = \frac{F_0}{\in_r}$। যেহেতু $\in_r > 1$, তাই $F < F_0$ অর্থাৎ, একই দূরত্বে অবস্থিত দুটি চার্জের ক্রিয়াশীল বল শূন্য মাধ্যম ছাড়া অন্য পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমে রাখলে কমে যায় বা হ্রাস পায়।

গ আমরা জানি, ধারকের পাতদ্বয় দুটি চার্জিত সমান্তরাল পরিবাহী হয়। ধরি, পাতদ্বয় M ও N যেখানে M ধনাত্মক চার্জ ও N ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত। উভয় পাতই তল ঘনত্বে চার্জিত এবং চার্জের তল ঘনত্ব σ। MN পাতের মধ্যবিন্দু P হলে, M পাতের জন্য P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য, $E_1 = \frac{\sigma}{2\in_0}$ এবং দিক হবে MN বরাবর।



আবার, N পাতের জন্য P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য, $E_2 = \frac{\sigma}{2\in_0}$ এবং N পাত ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত হওয়ায় E_2 এর দিক MN বরাবর হবে।

∴ P বিন্দুতে মোট তড়িৎ প্রাবল্য, $E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{2\in_0} + \frac{\sigma}{2\in_0} = \frac{\sigma}{\in_0}$.

এখন,

ধারকের প্রতিটি পাতের চার্জের তল ঘনত্ব, $\sigma = \frac{Q}{A}$

$= \frac{2 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-4}} = 0.02\ \text{Cm}^{-2}$

এখানে,
চার্জ, $Q = 2\mu C$
$= 2 \times 10^{-6}$ C
ক্ষেত্রফল, $A = 1 \times 10^{-4}$ m²
$\in_0 = 8.854 \times 10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}$

∴ পাতদ্বয়ের মধ্যবিন্দুতে

তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{\sigma}{\in_0} = \frac{0.02}{8.854 \times 10^{-12}} = 2.259 \times 10^9\ \text{NC}^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ পূর্বের ধারকত্ব C_1 হলে,

$C_1 = \frac{\in_0 A_1}{d_1}$

$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}}$

$= 4.427 \times 10^{-13}$ F

এখানে,
ক্ষেত্রফল, $A_1 = 1 \times 10^{-4}$ m²
দূরত্ব, $d_1 = 2 \times 10^{-3}$ m
$\in_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ Fm⁻¹
বিভব পার্থক্য, V = 4 mV
$= 4 \times 10^{-3}$ V

পূর্বের সঞ্চিত শক্তি, $U_1 = \frac{1}{2}C_1V^2$

$= \frac{1}{2} \times 4.427 \times 10^{-13} \times (4 \times 10^{-3})^2$

$= 3.5416 \times 10^{-18}$ J

পরবর্তীতে ধারকত্ব C_2 হলে,

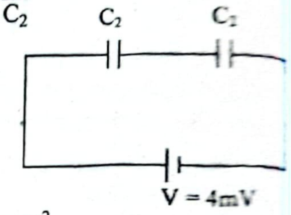
$C_2 = \frac{\in_0 A_2}{d_2}$

$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 5 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-3}}$

$= 2.2135 \times 10^{-13}$ F

এখানে,
পাতদ্বয়কে সমদ্বিখণ্ডিত ক
ক্ষেত্রফল, $A_2 = \frac{A_1}{2}$
$\frac{1 \times 10^{-4}}{2} = 5 \times 10^{-5}$ m²
দূরত্ব, $d_2 = d_1 = 2 \times 10^{-}$
বিভব পার্থক্য, V = 4 mV
$= 4 \times 10$

এখন, এই C_2 মানের 2টি ধারককে শ্রেণি সমবায়ে সাজালে ধারকত্ব C_{eq} হলে, $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} = \frac{2}{C_2}$



$\therefore C_{eq} = \frac{C_2}{2}$

$= \frac{2.2135 \times 10^{-13}}{2}$

$= 1.10675 \times 10^{-13}$ F

∴ পরবর্তীতে সঞ্চিত শক্তি, $U_2 = \frac{1}{2}C_{eq}V^2$

$= \frac{1}{2} \times 1.10675 \times 10^{-13} \times (4 \times 1$

$= 8.854 \times 10^{-19}$ J

দেখা যাচ্ছে, $U_1 > U_2$

সুতরাং, পরবর্তী ঘটনায় সঞ্চিত শক্তি পূর্বাপেক্ষা বৃদ্ধি পাবে না, ব হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ২৮ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ▌প্র

পরীক্ষাগারে একজন শিক্ষার্থী ধারক নিয়ে কাজ করছিলো। প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল 45 cm² এবং পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 এবং একে 400 V এর উৎসের সাথে সংযোগ দিয়ে চার্জিত শিক্ষার্থী K = 5 মানের পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম একবার প্রবেশ চার্জিত করলো এবং আরেকবার পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম ব্যতীত করলো এবং সঞ্চিত শক্তি উভয় ক্ষেত্রে পরিমাপ করলো।

ক. আধান ঘনত্ব কী?

খ. অসীম দৈর্ঘ্যের চার্জিত পরিবাহক কর্তৃক সৃষ্ট প্রাবল্যের সাথে দূরত্বের সম্পর্ক কীরূপ? ব্যাখ্যা করো।

গ. পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম ব্যতিরেকে ধারকটিতে প্রতিটি সঞ্চিত চার্জের মান কত?

ঘ. উদ্দীপকে শিক্ষার্থীর পরীক্ষণে কোন ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি বেশি হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর সমতল বা বক্রতলে আধান থাকলে কোনো চারদিকে একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ আধান থাকে তাই আধান ঘ

খ আমরা জানি, অসীম দৈর্ঘ্যের চার্জিত পরিবাহক কর্তৃক সৃষ্ট প্রাবল্য, $E = \frac{\lambda}{2\pi\in_0 r}$। যেখানে, λ = একক দৈর্ঘ্যের চার্জ এবং দূরত্ব। λ ধ্রুবক হলে, $E \propto \frac{1}{r}$। অর্থাৎ, তড়িৎপ্রাবল্যের মান ব্যস্তানুপাতিক। দূরত্ব যত কম, প্রাবল্য তত বেশি। দূরত্ব বেশি প্রাবল্য কমে যায়। এজন্য অসীম দৈর্ঘ্যের চার্জিত পরিবাহীর ক্ষেত্রে দূরত্বে তড়িৎ প্রাবল্য বেশি ও বেশি দূরত্বে তড়িৎ প্রাবল্য কম।

গ আমরা জানি,
বায়ু বা শূন্য মাধ্যমে সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 45 \times 10^{-4}}{0.002}$$
$$= 2 \times 10^{-11} F$$

দেওয়া আছে,
ধারকের প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 45\ cm^2 = 45 \times 10^{-4}\ m^2$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2\ mm = 0.002\ m$
শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2}$

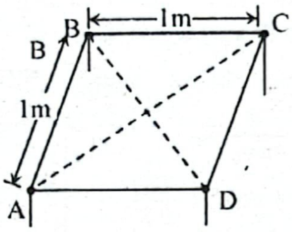
আমরা জানি,
ধারকের সঞ্চিত চার্জ,
$$q = CV = 2 \times 10^{-11} \times 400$$
$$= 8 \times 10^{-9}\ C\ \textbf{(Ans.)}$$

ধারকের পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য, $V = 400\ V$
ধারকের সঞ্চিত চার্জ, $q = ?$

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমে প্রবেশ করালে সঞ্চিত শক্তির মান 5 গুণ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৯ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৩



চিত্রে 1 m দৈর্ঘ্যের একটি বর্গাকার টেবিল। টেবিল এর চারটি কোণা A, B, C এবং D তে যথাক্রমে 4×10^{-12} C, 4×10^{-12}C, 2×10^{-12}C এবং 2×10^{-12} C চার্জ স্থাপন করা হলো এবং পরবর্তীতে 10 gm ভরের +1 C মানের চার্জিত একটি শোলা বল বর্গাকার তলের কেন্দ্রে স্থাপন করা হলো।

- ক. গাউসের সূত্রটি বিবৃত করো। ১
- খ. কোনো স্থানে তড়িৎক্ষেত্রের মান শূন্য হলে তড়িৎ বিভবের কী হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. কেন্দ্রে চার্জিত বস্তু স্থাপনের পূর্বে কেন্দ্রে বিভবের মান নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. শোলা বলের উপর ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল ও অভিকর্ষজ বলের মান ভিন্ন— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্রটি হলো— তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের ϵ_o গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ আমরা জানি, তড়িৎ প্রাবল্য ও তড়িৎ বিভবের মধ্যে সম্পর্ক হলো $E = -\frac{dV}{dr}$। এখন তড়িৎক্ষেত্রের মান শূন্য হলে, $\frac{dV}{dr} = 0$ হবে, বা, $dV = 0$। অর্থাৎ ঐ তড়িৎক্ষেত্রে বিভবের পরিবর্তন শূন্য বা বিভবের মান ধ্রুব। সুতরাং, তড়িৎক্ষেত্র E শূন্য হলে তড়িৎ বিভব V ধ্রুব রাশি হবে। যেমন ফাঁপা চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে সর্বত্র বিভব, V ধ্রুব রাশি, কিন্তু প্রাবল্য, E শূন্য। তবে ঐ পরিবাহী অচার্জিত হলে বিভবও শূন্য হবে। সুতরাং, কোনো স্থানে তড়িৎক্ষেত্রের মান শূন্য হলে তড়িৎ বিভব শূন্য হতে পারে, আবার নাও হতে পারে।

গ

বর্গাকার টেবিলের কর্ণের দৈর্ঘ্য $= \sqrt{2}a$
$= \sqrt{2} \times 1$
$= \sqrt{2}\ m$

বর্গের প্রতিটি কৌণিক বিন্দু হতে O বিন্দুর দূরত্ব, r = কর্ণের অর্ধেক দূরত্ব $= \frac{\sqrt{2}}{2}$

এখানে,
প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 1\ m$
কেন্দ্রে বিভব, $V = ?$

∴ A, B, C ও D বিন্দুর জন্য O বিন্দুতে নির্ণেয় লব্ধি বিভব,
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q_A}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q_B}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q_C}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q_D}{r}$$

এখানে,
$Q_A = 4 \times 10^{-12}$ C
$Q_B = 4 \times 10^{-12}$ C
$Q_C = 2 \times 10^{-12}$ C
$Q_D = 2 \times 10^{-12}$ C

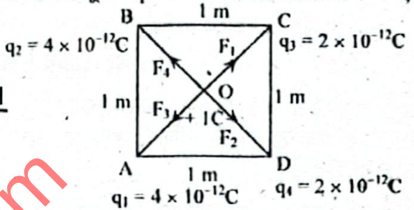
বা, $$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{Q_A}{r} + \frac{Q_B}{r} + \frac{Q_C}{r} + \frac{Q_D}{r}\right)$$

বা, $$V = 9 \times 10^9 \times \frac{1}{\frac{\sqrt{2}}{2}}(4 \times 10^{-12} + 4 \times 10^{-12} + 2 \times 10^{-12} + 2 \times 10^{-12})$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-12}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \times (4 + 4 + 2 + 2) = 0.153\ V\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ A বিন্দুর q_1 চার্জের জন্য O বিন্দুতে q চার্জের ওপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-12} \times 1}{(0.707)^2}$$
$$= 0.072N, \text{(OC বরাবর)}$$


B
1 m
C
$q_2 = 4 \times 10^{-12}$C
$q_3 = 2 \times 10^{-12}$C
F_4
F_1
O
1 m
1 m
F_3
+ 1C
F_2
A
1 m
D
$q_1 = 4 \times 10^{-12}$C
$q_4 = 2 \times 10^{-12}$C

অনুরূপভাবে, B বিন্দুর চার্জ $q_2 = q_1$ হওয়ায় q_2 চার্জের জন্য O বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বল, $F_2 = F_1 = 0.072N$ (OD বরাবর)

C বিন্দুর q_3 চার্জের জন্য O বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বল,

$$F_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_3 q}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-12} \times 1}{(0.707)^2}$$
$$= 0.036N \text{ (OA বরাবর।)}$$

এখানে,
প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য, a = 1m
বর্গের প্রতিটি কৌণিক বিন্দু থেকে O বিন্দুর দূরত্ব,
$r = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}} m = 0.707$ m
A বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 4 \times 10^{-12}$ C
B বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 4 \times 10^{-12}$ C
C বিন্দুর চার্জ, $q_3 = 2 \times 10^{-12}$C
D বিন্দুর চার্জ, $q_4 = 2 \times 10^{-12}$C
O বিন্দুর চার্জ, q = 1 C
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$
শোলা বলের ভর,
m = 10 gm = 0.01kg

অনুরূপভাবে, D বিন্দুর চার্জ $q_4 = q_3$ হওয়ায় q_4 চার্জের জন্য O বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বল, $F_4 = F_3 = 0.036N$ (OB বরাবর)

এখন, F_1 ও F_3 এর দিক বিপরীত হওয়ায় এদের লব্ধি
$F_{13} = F_1 - F_3 = (0.072 - 0.036)N = 0.036N$, OC বরাবর
একইভাবে, F_2 ও F_4 এর লব্ধি $F_{24} = F_2 - F_4 = (0.072 - 0.036)N = 0.036N$, OD বরাবর
F_{13} ও F_{24} এর লব্ধি বল F হলে,
$$F = \sqrt{(F_{13})^2 + (F_{24})^2 + 2 \times F_{13} \times F_{24} \times \cos 90°}$$
[এদের মধ্যবর্তী কোণ θ = 90°]
$$= \sqrt{(0.036)^2 + (0.036)^2} = 0.0509\ N$$
∴ শোলা বলের উপর ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল F = 0.0509N
আবার, শোলা বলের ওজন, W = mg = 0.01 × 9.8 = 0.098 N
দেখা যাচ্ছে, $F \neq W$
সুতরাং বলা যায়, শোলা বলের উপর ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল ও অভিকর্ষজ বলের মান ভিন্ন।

প্রশ্ন ▸ ৩০ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ২

চিত্র-১

চিত্র-২

পাতের ক্ষেত্রফল = 4 cm^2 পাতের ক্ষেত্রফল = 2 cm^2

উভয় ক্ষেত্রে, $Q = 3C$ এবং $K = 1.0005$

ক. গাউসের সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. কোনো বিন্দুর আধান $2.3 \times 10^{-19}C$ হতে পারে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্র-১ এ পাতধারকের বিভব পার্থক্য 6 V হলে, ধারকে সঞ্চিত শক্তি কত? ৩

ঘ. উভয় ধারকের ধারকত্ব সমান পেতে হলে চিত্র-১ এবং চিত্র-২ এর ধারকদ্বয়ের পাতসমূহকে কীভাবে স্থাপন করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্র হলো— তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের $\in_0$ গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ আধানের কোয়ান্টায়ন অনুযায়ী, কোনো বস্তুতে আধানের মোট পরিমাণ ইলেকট্রনের আধান $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C এর পূর্ণ সংখ্যক গুণিতক হবে। অর্থাৎ $q = ne$, এখানে n হচ্ছে ধনাত্মক পূর্ণসংখ্যা।

এখন, $q = 2.3 \times 10^{-19}$ হলে, $q = ne$

বা, $n = \frac{q}{e} = \frac{2.3 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$

$\therefore n = 1.4375$ যা পূর্ণসংখ্যা নয়। তাই কোনো বস্তুর আধান 2.3×10^{-19} C হতে পারে না।

গ আমরা জানি, ধারকে সঞ্চিত শক্তি,

$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2} \times 3 \times 6 = 9\ J$$

এখানে,
চার্জের পরিমাণ, $Q = 3C$
পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য, $V = 6$ V
সঞ্চিত শক্তি, $U = ?$

অতএব, চিত্র- ১ এর ধারকের সঞ্চিত শক্তি 9 J (Ans.)

ঘ এখানে, চিত্র-১ এর ধারকের– পাতের ক্ষেত্রফল, $A_1 = 4\ cm^2$
ধরি, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= d_1$
এবং চিত্র-২ এর ধারকের– পাতের ক্ষেত্রফল, $A_2 = 2\ cm^2$
আবার ধরি, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= d_2$

সুতরাং প্রথম ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = \frac{A_1 \in_0 K}{d_1}$

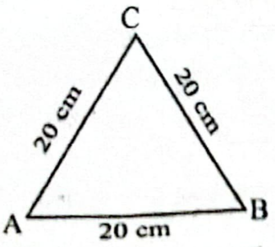
এবং দ্বিতীয় ধারকের ধারকত্ব, $C_2 = \frac{A_2 \in_0 K}{d_2}$

শর্তানুসারে, উভয় ধারকের ধারকত্ব সমান হবে অর্থাৎ

$\frac{A_1 \in_0 K}{d_1} = \frac{A_2 \in_0 K}{d_2}$ হবে বা, $\frac{d_1}{d_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{4}{2} = 2$ বা, $d_1 = 2d_2$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, ১ম ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব ২য় ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের দ্বিগুণ করা হলে, উক্ত ধারকদ্বয়ের ধারকত্বের মান সমান হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩১ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ২



উপরের চিত্রে A ও B উভয় বিন্দুতেই 150 C চার্জ দেওয়া আছে।

ক. শান্ট কাকে বলে?

খ. আধানের কোয়ান্টায়ন বলতে কী বুঝো?

গ. 'C' বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্যের মান কত?

ঘ. 'C' বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্যের দিক কোন দিকে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পার সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ গ্যালভানোমিটারের সমান্তরা সংযুক্ত করা হয়, তাকে শান্ট বলে।

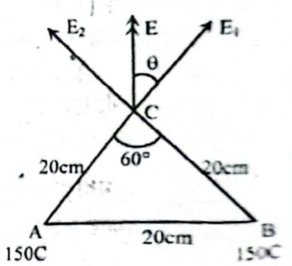
খ আধানের একটি নির্দিষ্ট ও ন্যূনতম মান আছে যা অপেক্ষা কম মান আধান পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেকোনো আহিত বস্তুতে মোট আধানে পরিমাণ ঐ ন্যূনতম আধানের অখণ্ড গুণিতক; একে আধানের কোয়ান্টি বলে। আধান এক স্থান থেকে আর এক স্থানে গমনের ক্ষেত্রে ন্যূনতম মানের অখণ্ড গুণিতক হিসেবেই গমন করে, ঐ ন্যূনতম আধানকে e দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোনো বস্তুতে মোট আধানের পরিমাণ + 10e ব – 7e হতে পারে কিন্তু + 5.32 e হতে পারে না।

গ A বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান, $E_1 = \frac{1}{4\pi\in_0}\frac{q_1}{r^2}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{150}{(0.2)^2}$$
$$= 3.375 \times 10^{13}\ NC^{-1}$$

এখানে,
A ও B বিন্দুতে চার্জ,
$q_1 = q_2 = 150HC$
দূরত্ব, $r = 20$ cm $= 0.2$ m
$\frac{1}{4\pi\in_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-1}$

B বিন্দুতেও 150 C চার্জ থাকায় এ চার্জের দরুন C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান,
$E_2 = E_1 = 3.375 \times 10^{13}\ NC^{-1}$



তড়িৎ প্রাবল্য, $\vec{E_1}$ ক্রিয়া করে AC বরাবর এবং $\vec{E_2}$ ক্রিয়া করে BC বরাবর।

$\vec{E_1}$ ও $\vec{E_2}$ এর মধ্যকার কোণ 60° হওয়ায় [∵ ABC একটি সমবাহু ত্রিভুজ] C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের মান,

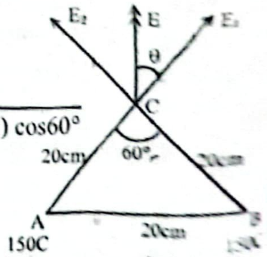
$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos60°}$$
$$= \sqrt{E_1^2 + E_1^2 + 2E_1E_1 \times \frac{1}{2}}\ [\because E_1 = E_2]$$
$$= \sqrt{E_1^2\left(1 + 1 + 2 \times \frac{1}{2}\right)}$$
$$= 3.375 \times 10^{13}\sqrt{3} = 5.85 \times 10^{13}\ NC^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, $E_1 = E_2 = 3.375 \times 10^{13}\ NC^{-1}$

C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য $\vec{E_1}$ এর দিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan\theta = \frac{|\vec{E_2}| \sin60°}{|\vec{E_1}| + |\vec{E_2}| \cos60°}$$
$$= \frac{(3.375 \times 10^{13}N) \sin60°}{(3.375 \times 10^{13}N) + (3.375 \times 10^{13}N) \cos60°}$$
$$= 0.5773$$
$$\therefore \theta = \tan^{-1}(0.5773) = 30°$$

আবার, $60° - 30° = 30°$



সুতরাং লব্ধি প্রাবল্য, $\vec{E_1}$ ও $\vec{E_2}$ উভয়ের সাথে সমান কোণ উৎপন্ন করে তাই C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের দিক হবে C হতে AB এর ওপর লম্ব C হতে ওপরের দিকে।

▶৩২ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৮

টি সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতি পাতের ক্ষেত্রফল 4 mm^2। পাতদ্বয় পরস্পর হতে 0.5 m ব্যবধানে অবস্থিত। প্রত্যেক পাতে কৃত চার্জের পরিমাণ 9×10^{-9} C।

ক. বিন্দু আধান কী? ১
খ. 1 eV বলতে কী বুঝো? ২
গ. ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পাতদ্বয়ের মধ্যকার বিভব পার্থক্য অর্ধেক করা হলে ধারকটির সঞ্চিত শক্তি পূর্বেকার সঞ্চিত শক্তির এক-চতুর্থাংশ হবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব হয় তবে সেগুলোই হলো বিন্দু আধান।

1 V বিভব পার্থক্যের কোন ক্ষেত্রে একটি ইলেকট্রন যে শক্তি লাভ তাকে 1 eV বলে। অথবা, 1 V বিভব পার্থক্য বিশিষ্ট দুইটি বিন্দুর টি থেকে অন্যটিতে একটি ইলেকট্রনকে সরাতে যে পরিমাণ শক্তি প্রয়োজন তাকে 1 eV বলে।

১০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 7.1×10^{-17} F।

ধরি,
কটির ধারকত্ব = C
সঞ্চিত শক্তি U_1
বিভব পার্থক্য অর্ধেক হওয়ার সঞ্চিত শক্তি U_2 হলে,

এখানে,
পাতদ্বয়ের মধ্যকার প্রাথমিক বিভব পার্থক্য = V_1
এবং পরবর্তীতে বিভব পার্থক্য,
$$V_2 = \frac{V_1}{2}$$

$$= \frac{1}{2}CV_1^2 \text{ এবং } U_2 = \frac{1}{2}CV_2^2$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{2}CV_2^2}{\frac{1}{2}CV_1^2} \text{ বা, } U_2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 U_1 = \left(\frac{\frac{V_1}{2}}{V_1}\right)^2 U_1 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 U_1 = \frac{1}{4}U_1$$

পাতদ্বয়ের মধ্যকার বিভব পার্থক্য অর্ধেক করা হলে ধারকটির ত শক্তি পূর্বেকার সঞ্চিত শক্তির এক-চতুর্থাংশ হবে।

▶৩৩ সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩

একই রকমের ক্ষুদ্র বলে যথাক্রমে + 3 nC এবং – 12 nC আধান । এরা বায়ুতে 3 cm ব্যবধানে থাকলে এদের মধ্যে তড়িৎ আকর্ষণ ক্রিয়া করে। পরবর্তীতে বল দুটি পরস্পরের সাথে স্পর্শ করে পুনরায় ব্যবধানে রাখা হলো।

ক. কুলম্ব কাকে বলে? ১
খ. সমধর্মী চার্জ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম ক্ষেত্রে তড়িৎ আকর্ষণ বলের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের দ্বিতীয় ক্ষেত্রে তড়িৎ বলের প্রকৃতি পূর্বের সমান না ভিন্ন— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

দুটি সমমানের চার্জ শূন্য মাধ্যমে 1 মিটার দূরে অবস্থান করে রের ওপর 9×10^9 N বল প্রয়োগ করলে ঐ চার্জ দুটির প্রত্যেককে কুলম্ব বলে।

সমধর্মী চার্জের বলরেখার বিন্যাস একই রকম হয়। ফলে এদেরকে কাছি আনতে চাইলে একটি বলরেখা অন্যটির বলরেখাকে বিপরীত চাপ দেয় বলে বিকর্ষণ বল অনুভূত হয়। এ কারণে সমধর্মী চার্জ রকে বিকর্ষণ করে।

গ আমরা জানি,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1q_2}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-9} \times (-12 \times 10^{-9})}{(0.03)^2}$$
$$= -3.6 \times 10^{-4} \text{ N}$$

এখানে,
১ম বলের চার্জ, q_1 = + 3 nC = + 3 × 10^{-9} C
২য় বলের চার্জ, q_2 = – 12 nC = – 12 × 10^{-9}
মধ্যবর্তী দূরত্ব, r = 3 cm = 0.03 m
বল দুটির মধ্যে ক্রিয়াশীল কুলম্ব বল, F = ?

(–) চিহ্ন দ্বারা আকর্ষণ বল বুঝায়। সুতরাং, নির্ণেয় তড়িৎ আকর্ষণ বলের মান 3.6×10^{-4} N। (Ans.)

ঘ দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বল দুটি পরস্পরের সাথে স্পর্শ করায় এবং বল দুটি একই রকমের হওয়ায় প্রতিটি বলে চার্জের

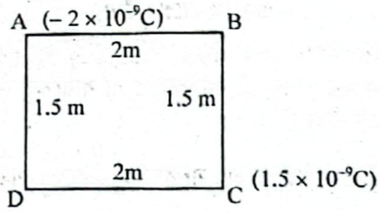
পরিমাণ, $q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{3 - 12}{2}$
$= -4.5 \text{ nC} = -4.5 \times 10^{-9}$ C
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, তড়িৎ বলের মান,
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q \times q}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(-4.5 \times 10^{-9})^2}{(0.03)^2}$$
$$= 2.025 \times 10^{-4} \text{ N}$$

এখানে, q_1 = + 3 nC
q_2 = – 12 nC
দূরত্ব, r = 3 cm = 0.03 m
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

এখানে, F এর মান ধনাত্মক, তাই তড়িৎ বলের প্রকৃতি বিকর্ষণধর্মী। 'গ' থেকে পাই, স্পর্শ করার পূর্বে তড়িৎ বলের প্রকৃতি আকর্ষণধর্মী। সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের দ্বিতীয় ক্ষেত্রে তড়িৎ বলের প্রকৃতি পূর্বের চেয়ে ভিন্ন।

প্রশ্ন▶৩৪ যশোর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৩

চিত্রে, A ও C বিন্দুতে বায়ু মাধ্যমে যথাক্রমে -2×10^{-9}C এবং $+1.5 \times 10^{-9}$C চার্জ স্থাপন করা হলো:

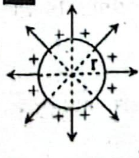


ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে? ১
খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্বের সাথে ব্যাসার্ধের সম্পর্ক ব্যাখ্যা করো। ২
গ. B বিন্দুতে প্রাবল্যের মান কত? ৩
ঘ. B এবং D বিন্দুতে বিভবের মান সমান হবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরুর যেকোনো একটি চার্জ এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক বলে।

খ



কোন গোলাকার পরিবাহীর চার্জ এর পৃষ্ঠে সুষমভাবে বিন্যস্ত থাকে। তাই পৃষ্ঠের সকল চার্জ-এর কেন্দ্রে পুঞ্জিভূত আছে কল্পনা করলেও এর ক্ষেত্রের (Field) কোন পরিবর্তন হয় না। পৃষ্ঠে অর্থাৎ কেন্দ্র হতে r দূরত্বে

বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

ধারকত্ব, $C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r}} = 4\pi\epsilon_0 r$

গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 r$
অর্থাৎ, $C \propto r$ বা ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

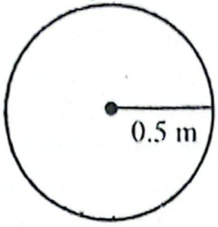
চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 7.5 NC^{-1}।

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: B ও D বিন্দুর বিভব সমান হবে না। $V_B > V_D$। ∴ B ও D বিন্দুর বিভব সমান হবে না।

[illegible] বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ২



গোলাকার পরিবাহীতে 5টি প্রোটনের সমপরিমাণ চার্জ দেওয়া আছে। গোলকের ব্যাসার্ধ 0.5m। (মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক 1.005, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2})

ক. ধারকের ধারকত্ব কাকে বলে? ১

খ. স্থির তড়িৎ সম্পর্কিত কুলম্বের সূত্র ও নিউটনের মহাকর্ষ সম্পর্কিত সূত্রের মধ্যে কী কী মিল-অমিল রয়েছে? লিখো। ২

গ. গোলকটির কেন্দ্র থেকে 0.8 m দূরের কোনো বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে চার্জিত গোলাকার পরিবাহীটিকে যদি সমান ব্যাসার্ধের 5টি গোলকে বিভক্ত করা হয় যাতে প্রত্যেক গোলকে চার্জ সমভাবে বণ্টিত হয় তাহলে পরিবর্তিত প্রতিটি পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভব পূর্বের পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভবের এক-পঞ্চমাংশ হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ পরিবাহীর বা ধারকের তড়িৎ ধারকত্ব বা সংক্ষেপে ধারকত্ব বলে।

খ আমরা জানি, স্থির তড়িৎ সম্পর্কিত কুলম্বের সূত্র, $F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}$ এবং নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র, $F_G = G\frac{m_1m_2}{r^2}$। এদের মধ্যে মিল-অমিল নিম্নরূপ:

মিল: (i) দুটি বলই মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

(ii) দুটি বলই বস্তুদুটির কেন্দ্রদ্বয়ের সংযোগকারী সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

অমিল:

কুলম্বের সূত্র	মহাকর্ষ সূত্র
(i) এ সূত্রানুযায়ী স্থির তড়িৎ বল চার্জের উপর নির্ভর করে এবং অনেক শক্তিশালী।	(i) এ সূত্রানুযায়ী মহাকর্ষ বল ভরের উপর নির্ভর করে এবং এর মান খুবই কম।
(ii) আধানের প্রকৃতি অনুযায়ী স্থির তড়িৎ বল আকর্ষণধর্মী বা বিকর্ষণধর্মী হতে পারে।	(ii) মহাকর্ষ বল সর্বদা আকর্ষণ ধর্মী হয়।
(iii) স্থির তড়িৎ বল মাধ্যমের উপর নির্ভর করে।	(iii) মহাকর্ষ বল মাধ্যমের উপর নির্ভর করে না।

গ যেহেতু, x > R, তাই বিন্দুটি গোলকের বাইরে অবস্থিত।

আমরা জানি,

গোলকের কেন্দ্র থেকে x দূরত্বে বিভব, $V = \frac{1}{4\pi k\epsilon_0}\frac{Q}{x}$

$$= \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}}{k}\frac{Q}{x}$$

$$= \frac{9\times10^9}{1.005}\times\frac{8\times10^{-19}}{0.8}$$

$= 8.955 \times 10^{-9}$ V (Ans.)

এখানে,

গোলকের চার্জ,

$Q = 5q$

$= 5 \times 1.6 \times 10^{-19}$C

$= 8 \times 10^{-19}$C

গোলকের ব্যাসার্ধ, R = 0.5 m

পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, k = 1.005

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

বিন্দুর অবস্থান, x = 0.8 m

ঘ উদ্দীপকের গোলাকার পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভব V হলে,

$$V = \frac{1}{4\pi k\epsilon_0}\times\frac{Q}{R}$$

$$= \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}}{k}\times\frac{Q}{R}$$

$$= \frac{9\times10^9}{1.005}\times\frac{8\times10^{-19}}{0.5}$$

$= 1.4328 \times 10^{-8}$ V

এখানে,

চার্জ, $Q = 5q$

$= 5 \times 1.6 \times 10^{-19}$C

$= 8 \times 10^{-19}$C

গোলকের ব্যাসার্ধ, R = 0.5 m

পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, k = 1.005

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

উদ্দীপকের চার্জিত গোলাকার পরিবাহীকে সমান ব্যাসার্ধের 5টি গোলকে বিভক্ত করলে এবং প্রত্যেক গোলকে চার্জ সমভাবে বণ্টিত হলে, প্রতি

গোলকের চার্জ $q = \frac{Q}{5} = \frac{8\times10^{-19}}{5} = 1.6\times10^{-19}$C

এখন, প্রতিটি পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভব V′ হলে,

$$V' = \frac{1}{4\pi k\epsilon_0}\times\frac{q}{r} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}}{k}\times\frac{q}{r}$$

$$= \frac{9\times10^9}{1.005}\times\frac{1.6\times10^{-19}}{0.2924}$$

$= 4.9 \times 10^{-9}$ V

এখন, $\frac{V'}{V} = \frac{4.9\times10^{-9}}{1.4328\times10^{-8}} = 0.342$

$\therefore V' \neq \frac{V}{5}$

এখানে, $q = 1.6 \times 10^{-19}$C

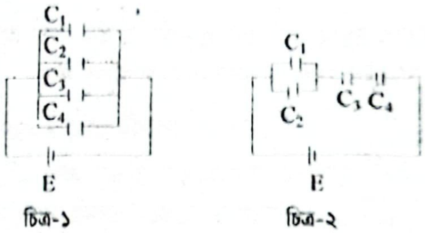
ব্যাসার্ধ, r হলে,

$\frac{4}{3}\pi R^3 = 5 \times \frac{4}{3}\pi r^3$

বা, $r = \frac{R}{\sqrt[3]{5}} = \frac{0.5}{\sqrt[3]{5}} = 0.2924$m

সুতরাং বলা যায়, পরিবর্তিত প্রতিটি পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভব পূর্বের পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভবের এক-পঞ্চমাংশ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং



চিত্র-১ চিত্র-২

চিত্রে $C_1 = C_2 = 2$ μF, $C_3 = C_4 = 4$ μF, E = 12 V

ক. এক ইলেকট্রন ভোল্ট কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুতে 1.6×10^{-18} C চার্জ থাকা সম্ভব কিনা— যুক্তি দাও। ২

গ. ১নং চিত্রে তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী দুটির ক্ষেত্রে কোনটিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বিন্দু থেকে 1V বিভব পার্থক্যের জন্য অন্য একটি বিন্দুতে একটি ইলেকট্রনকে সরাতে যে কাজ হয় তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

খ কোনো বস্তুতে চার্জের পরিমাণ 1.6×10^{-18}C হওয়া সম্ভব।

একটি ইলেকট্রন বা প্রোটনের চার্জই হলো প্রকৃতিতে ন্যূনতম মানের চার্জ। একটি ইলেকট্রনের চার্জকে (– e) এবং প্রোটনের চার্জকে (+ e) দ্বারা চিহ্নিত করা হয় যার মান, $e = 1.6 \times 10^{-19}$C।

পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে, প্রকৃতিতে কোনো বস্তুর মোট চার্জ একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মানের পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক। ইলেকট্রনের চার্জ হলো এই নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান। সকল চার্জিত বস্তুর মধ্যে বিদ্যমান

র্জই এ ক্ষুদ্রতম চার্জের গুণিতক মাত্র; অর্থাৎ ইলেক্ট্রনের চার্জের গুণিতক হবে। একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে। কোনো বস্তুতে যেকোনো মানের চার্জ থাকতে পারে না। ইলেক্ট্রনের চার্জ e হলে কোনো বস্তুর মোট চার্জ $q = ne; n = 0, \pm 1, \pm 2,\ldots\ldots$

অর্থাৎ কোনো বস্তুতে, + 10e বা − 7e হতে পারে কিন্তু ভগ্নাংশ হতে পারে না। এখানে; 1.6×10^{-18}C = 10e, যা সম্ভব। অর্থাৎ, কোনো বস্তুতে 1.6×10^{-18}C চার্জ থাকা সম্ভব।

গ এখানে,

$$C_1 = C_2 = 2\ \mu F$$
$$C_3 = C_4 = 4\ \mu F$$

উদ্দীপকের চিত্রে, ধারকগুলো সমান্তরালে থাকায় ও এদের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 2 + 2 + 4 + 4 = 12\ \mu F\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ

এখানে, ১ম চিত্রে বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব, C = 12 μF ('গ' হতে) $= 12 \times 10^{-6}$ F

বর্তনীর বিভব, V = 12 V

∴ ১ম চিত্রে বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি,

$$U_1 = \frac{1}{2}\ CV^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-6}\ F \times (12\ V)^2 = 8.64 \times 10^{-4}\ J$$

চিত্র-২ এর ক্ষেত্রে,

এখানে, $C_1 = C_2 = 2\ \mu F$

এবং $C_3 = C_4 = 4\ \mu F$

C_1 এবং C_2 ধারকদ্বয় সমান্তরালে থাকায় ও এদের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = C_1 + C_2 = 2\ \mu F + 2\ \mu F = 4\ \mu F$$

আবার,

C_3 ও C_4 ধারকদ্বয়, C_p এর সাথে শ্রেণিতে থাকায় এবং এদের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_p} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$

$$\therefore C_s = \frac{4}{3} = 1.33\ \mu F = 1.33 \times 10^{-6}\ F$$

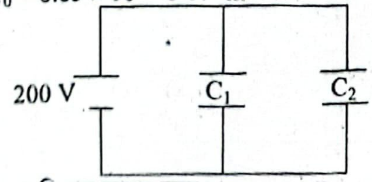
∴ ২য় চিত্রে বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি,

$$U_2 = \frac{1}{2}\ C_S V^2 = \frac{1}{2} \times 1.33 \times 10^{-6}\ F \times (12\ V)^2$$
$$= 9.58 \times 10^{-5}\ J$$

$\because U_1 > U_2$। অতএব চিত্র-১ এ সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ চিত্র-২ এর সঞ্চিত শক্তির চেয়ে বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸৩৭ কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ । প্রশ্ন নং ২

পাশের বর্তনীতে C_1 ও C_2 দুটি সমান্তরাল পাত ধারক যুক্ত করা হয়েছে যাদের প্রতিটির দুই পাতের ব্যবধান 0.5 cm এবং ধারকত্ব 600 pF. পরবর্তীতে C_1 ধারককে কাগজ (K = 3.5) দ্বারা পূর্ণ করা হল এবং C_2 এর ঠিক মাঝখানে সমান্তরাল পাতের অনুরূপ পাতলা পাত প্রবেশ করানো হল। $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2}$।



ক. আলোর ব্যতিচার কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ ব্যাটারীর গায়ে 5 Am-hour লেখার অর্থ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ধারকের প্রতি পাতের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ধারক দুটিতে কাগজ ও পাত প্রবেশ করানোর পর বর্তনীর সঞ্চিত তড়িৎ শক্তির কীরূপ পরিবর্তন হবে- গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি অবস্থিত দুটি উৎস থেকে নির্গত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হওয়াকে আলোর ব্যতিচার বলে।

খ কোনো তড়িৎ ব্যাটারীর গায়ে 5 Am-hour লেখার অর্থ-ব্যাটারিটিকে 5 A মানের তড়িৎ প্রবাহ দ্বারা চার্জিত করা হলে, এটি শূন্য চার্জ হতে পূর্ণ ক্ষমতায় চার্জিত হতে 1 ঘণ্টা সময় নিবে।

$5\ \text{Am-hour} = 5\ Cs^{-1} \times 1\ \text{hour} = 5\ Cs^{-1} \times 3600\ s = 18000\ C$

অর্থাৎ, ব্যাটারিটি সর্বোচ্চ 18000 C চার্জ সঞ্চিত রাখতে সক্ষম।

গ ২৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $0.34\ m^2$।

ঘ স্বাভাবিক অবস্থায় প্রদত্ত বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব,

$$C_p = C_1 + C_2\ [\because C_1, C_2 \text{ সমান্তরালে যুক্ত}]$$
$$= (600 + 600)\ pF = 1200\ pF = 1200 \times 10^{-12}\ F$$

ধারকের সমবায়ের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য, V = 200 V

$$\therefore \text{বর্তনীতে সঞ্চিত তড়িৎ শক্তি} = \frac{1}{2}\ C_pV^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 1200 \times 10^{-12} \times (200)^2$$
$$= 2.4 \times 10^{-5}\ J$$

কাগজ দ্বারা পূর্ণ করার পর C_1 ধারকের ধারকত্ব,

$$C_1' = KC_1\ [\because C \propto K]$$
$$= 3.5 \times 600\ pF\ (\because K = 3.5) = 2100\ pF$$

২য় ধারকের ঠিক মাঝে অনুরূপ একটি সমান্তরাল পাত প্রবেশ করানোর পর এটি সিরিজে সংযুক্ত দুটি সমমানের ধারকের ন্যায় কাজ করবে। এক্ষেত্রে নতুন ধারকত্ব C_2' হলে,

$\frac{1}{C_2'} = \frac{1}{2C_2} + \frac{1}{2C_2}$ [প্রতিটির ধারকত্ব পূর্বের ধারকের তুলনায় দ্বিগুণ হবে, কারণ এক্ষেত্রে পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক হয়]

$$\frac{1}{C_2'} = \frac{1+1}{2C_2}$$
$$\therefore C_2' = \frac{2C_2}{2} = 2 \times \frac{600}{2}\ [\because C_2 = 600\ pF]$$
$$= 600\ pF$$

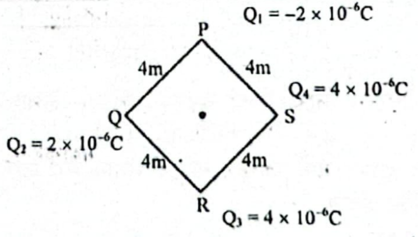
∴ পরিবর্তিত অবস্থায় বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব,

$$C_p' = C_1' + C_2'\ [\because C_1' \text{ ও } C_2' \text{ সমান্তরালে যুক্ত}]$$
$$= (2100 + 600)\ pF = 2700\ pF = 2700 \times 10^{-12}\ F$$

$$\therefore \text{এক্ষেত্রে মোট সঞ্চিত তড়িৎশক্তি} = \frac{1}{2} C_p'\ V^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 2700 \times 10^{-12} \times (200)^2$$
$$= 5.4 \times 10^{-5}\ J$$

∴ বর্তনীর সঞ্চিত তড়িৎ শক্তি পূর্বের তুলনায় $\frac{5.4 \times 10^{-5}}{2.4 \times 10^{-5}} = 2.25$ গুণ হবে। ইহাই নির্ণেয় পরিবর্তন।

প্রশ্ন ▸৩৮ কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ । প্রশ্ন নং ২


$Q_1 = -2 \times 10^{-6}C$
P
4m
4m
$Q_4 = 4 \times 10^{-6}C$
Q
S
$Q_2 = 2 \times 10^{-6}C$
4m
4m
R
$Q_3 = 4 \times 10^{-6}C$

চিত্রে প্রদর্শিত উলম্বতলে রক্ষিত বর্গাকার ক্ষেত্রের চার কৌণিক বিন্দুতে চারটি চার্জ স্থাপন করা হলো। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে 2×10^{-6}C মানের চার্জযুক্ত 2.5×10^{-4}kg ভরের একটি বস্তু শূন্যে স্থাপন করা হয়। ($g = 10ms^{-2}$)

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল কী নির্দেশ করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে নতুন চার্জটি বসানোর পূর্বে বিভবের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে কৌণিক বিন্দুগুলোর চার্জসমূহ পুনর্বিন্যস্ত করে কেন্দ্রের চার্জিত বস্তুটিকে ভাসমান রাখা সম্ভব-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরুর যেকোনো একটি চার্জ এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক বলে।

খ কোনো গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ r এবং ধারকত্ব C হলে,

$C = 4\pi\epsilon_0 r$ বা, $\frac{C}{r} = 4\pi\epsilon_0$

ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল হয় $4\pi\epsilon_0$ যা একটি ধ্রুবক। এটি কুলম্বীয় ধ্রুবকের বিপরীত রাশি। এর মান $1.1265 \times 10^{-10} C^2N^{-1}m^{-2}$।

গ বর্গক্ষেত্রের কর্ণের দৈর্ঘ্য,

$PR = SQ = \sqrt{2} \times 4m$

$= 5.656$ m যে কোনো কৌণিক বিন্দু হতে কেন্দ্রের দূরত্ব, $r = \frac{5.656}{2}$

$= 2.828m$

এখানে,
P বিন্দুর চার্জ,
$Q_1 = -2 \times 10^{-6}C$
Q বিন্দুর চার্জ,
$Q_2 = 2 \times 10^{-6}C$
R বিন্দুর চার্জ,
$Q_3 = 4 \times 10^{-6}C$
S বিন্দুর চার্জ,
$Q_4 = 4 \times 10^{-6}C$
কেন্দ্রে বিভব, V = ?

জানা আছে,

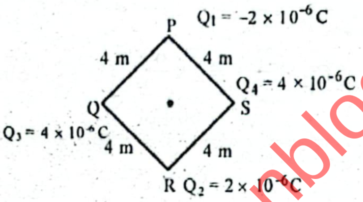
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{r} + \frac{Q_3}{r} + \frac{Q_4}{r}\right)$$

$$= 9 \times 10^9 \times \left(\frac{-2 \times 10^{-6}}{2.828} + \frac{2 \times 10^{-6}}{2.828} + \frac{4 \times 10^{-6}}{2.828} + \frac{4 \times 10^{-6}}{2.828}\right)$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{1}{2.828}(-2 + 2 + 4 + 4) \times 10^{-6}$$

$= 25460$ V $= 25.46$ kV **(Ans.)**

ঘ বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে 2×10^{-6} C চার্জযুক্ত 2.5×10^{-4} kg ভরের একটি স্থাপন করে বস্তুটি স্থির রাখতে হলে বর্গক্ষেত্রের কৌণিক বিন্দুগুলোতে অবস্থিত চার্জগুলোকে এমনভাবে সাজাতে হবে যেন কেন্দ্রে স্থাপিত চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল বলগুলোর লব্ধি শূন্য হয়। বস্তুটির ওজন নিচের দিকে ক্রিয়া করবে। আমরা চার্জগুলোকে নিম্নোক্ত ভাবে সাজাতে পারি।


P
$Q_1 = -2 \times 10^{-6}$ C
4 m
4 m
$Q_4 = 4 \times 10^{-6}$C
Q
S
$Q_3 = 4 \times 10^{-6}$C
4 m
4 m
R
$Q_2 = 2 \times 10^{-6}$C

এক্ষেত্রে Q ও S বিন্দুতে স্থাপিত চার্জদ্বয় কর্তৃক কেন্দ্রে স্থাপিত চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বল সমান কিন্তু বিপরীত হওয়ায় পরস্পরকে নাকচ করবে। আবার P ও R বিন্দুতে স্থাপিত চার্জদ্বয়ের প্রত্যেকটি কর্তৃক কেন্দ্রের চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বলের মান,

$$F_1 = F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} C \times 2 \times 10^{-6} C}{(2.828 \text{ m})^2}$$

$= 4.5 \times 10^{-3}$ N

উভয় বলই উপরের দিকে ক্রিয়া করবে। সুতরাং উপরের দিকে লব্ধি তাড়িত বল, $F = 2 \times 4.5 \times 10^{-3}$ N $= 9 \times 10^{-3}$ N

এখন বস্তুটির ওজন যদি তাড়িৎ বলের সমান হয় তবে বস্তুটি স্থির থাকবে। বস্তুটির ওজন,

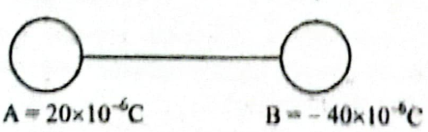
$F = mg$

$= 2.5 \times 10^{-4} \times 10 = 2.5 \times 10^{-3}$ N

এখানে, নিম্নমুখী বল বা বস্তুর ওজন অপেক্ষা উর্ধ্বমুখী তাড়িত বল বড়। সুতরাং এটি নিচের দিকে পড়বে না। অতএব, চার্জিত বস্তুটিকে ভাসমান রাখা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ ▮ প্রশ্ন নং ২

চিত্রে দুটি বিন্দু চার্জ নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্য মাধ্যমে আছে।



ক. ডোপিং কী?
খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য—ব্যাখ্যা কর।
গ. চার্জ দুটির মধ্যে ক্রিয়াশীল কুলম্ব বলের মান নির্ণয় কর।
ঘ. চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখার উপর কোনো বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হওয়া সম্ভব কিনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ সুবিধাজনক নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ সুনিয়ন্ত্রিতভাবে ভেজাল হিসেবে মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

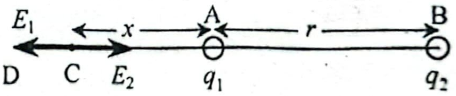
খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বড় যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুকে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ ৩৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 7.2 N আকর্ষণ বল।

ঘ আমরা জানি, দুটি চার্জের মান অসমান তবে প্রকৃতি বিপরীতধর্মী হলে সাম্য বিন্দুর (যে বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য) অবস্থান হবে চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখা বরাবর বাইরে যে চার্জের মান ছোট সেটির পাশে।

এখানে, A বিন্দুতে চার্জ, $q_1 = 20 \times 10^{-6}$ C
B বিন্দুতে চার্জ, $q_2 = -40 \times 10^{-6}$ C
চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, r = 1 m

ধরা যাক, A থেকে x দূরত্বে C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান শূন্য



q_1 এর জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য, $E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{x^2}$ এর দিক CD বরাবর।

q_2 এর জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য, $E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{(r+x)^2}$ এর দিক CA বরাবর।

E_1 ও E_2 এর দিক বিপরীত। সুতরাং এদের মান সমান হলে প্রাবল্য শূন্য হবে। সুতরাং

$E_1 = E_2$

বা, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{x^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2}{(r+x)^2}$

বা, $\frac{20 \times 10^{-6} C}{x^2} = \frac{40 \times 10^{-6} C}{(1+x)^2}$

বা, $\frac{1}{x} = \frac{\sqrt{2}}{1+x}$

বা, $1 + x = \sqrt{2}x$

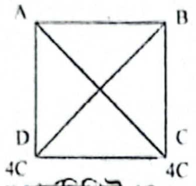
বা, $x(\sqrt{2} - 1) = 1$

বা, $x = \frac{1}{\sqrt{2} - 1} = \frac{\sqrt{2} + 1}{(\sqrt{2} - 1)(\sqrt{2} + 1)}$ m

∴ $x = (\sqrt{2} + 1)$ m $= (1.41 + 1)$ m $= 2.41$ m

q_1 এর বামদিকে 2.41 m দূরত্বে প্রাবল্যের মান শূন্য হবে।

প্র ▶ ৪০ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ▌ প্রশ্ন নং ৩



কটি বর্গের কেন্দ্রে 1 μC চার্জবিশিষ্ট 12 kg ভরের ধাতব গোলক রাখা হে : প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 2 m।

ক. ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ কী? ১

খ. ভোল্টমিটার কেন সমান্তরালে যুক্ত করা হয়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্গের কেন্দ্রে মোট বিভব হিসাব কর। ৩

ঘ. ধাতব গোলককে সাম্যাবস্থায় রাখতে কত পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড় বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে তাই ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ।

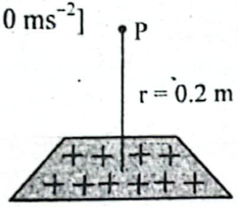
খ ভোল্টমিটারের রোধ অতি উচ্চ (তাত্ত্বিকভাবে অসীম)। তাই পরীক্ষণীয় তড়িৎ উপকরণের সাথে ভোল্টমিটারকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে তড়িৎপ্রবাহ উল্লেখযোগ্যভাবে কমে যাবে এবং এতে উপকরণের প্রান্তের বিভব পার্থক্য (ভোল্টমিটার দিয়ে যে রাশি পরিমাপ করতে হবে) পরিবর্তিত হয়ে যাবে। এ কারণে ভোল্টমিটারকে শ্রেণিতে যুক্ত না করে ঐ তড়িৎ উপকরণের দু'প্রান্তে সমান্তরালে যুক্ত করা হয়।

গ ২৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্র ▶ ৪১ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ১

একটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত অসীম দৈর্ঘ্যের একটি তলের চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব $5\mu Cm^{-2}$। উল্লম্ব বরাবর 0.2m দূরে P একটি বিন্দু। [এখানে $g = 10\ ms^{-2}$]



ক. এনট্রপির সংজ্ঞা দাও। ১

খ. একই ব্যাসার্ধের একটি ফাঁপা ও একটি নিরেট সিলিন্ডারকে একই বিভবে চার্জিত করা হলো, তখন কোনটি বেশি চার্জ ধারণ করবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রে তীব্রতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোনো ভিত্তি ছাড়া P বিন্দুতে 2 mg ভরের কোনো বস্তুকে স্থির রাখতে কি ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ একটি ফাঁপা ও নিরেট গোলকের উভয়কে সমান বিভবে চার্জিত করলে উভয় গোলক সমপরিমাণ চার্জ ধারণ করবে। কারণ গোলকে প্রদত্ত আধান গোলক পৃষ্ঠের সর্বত্র সমভাবে ছড়িয়ে পড়ে। গোলকটি ফাঁপা বা নিরেট যাই হোক না কেন আধানের কোনো পরিবর্তন হবে না। গোলকের অভ্যন্তরে সর্বত্র বিভব এর পৃষ্ঠের বিভবের সমান।

গ আমরা জানি, অসীম বিস্তৃতির চার্জিত পাতের নিকটে কোনো বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা, $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

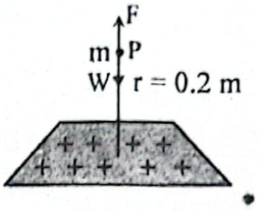
∴ P বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা,

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

এখানে,
চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব,
$\sigma = 5\ \mu cm^{-2}$
$= 5 \times 10^{-6}\ Cm^{-2}$
শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

$$= \frac{5 \times 10^{-6}}{2 \times 8.854 \times 10^{-12}}$$
$$= 2.82 \times 10^5\ NC^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' থেকে পাই, P বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য $E = 2.82 \times 10^5\ NC^{-1}$



P বিন্দুতে 2 mg ভরের কোনো বস্তু রাখলে এর ওজন W খাড়া নিচের দিকে ও তড়িৎ বল F উপরের দিকে ক্রিয়া করে বস্তুকে স্থির বা ভারসাম্যে রাখতে পারবে।

ধরি, বস্তুতে চার্জ q

∴ তড়িৎ বল, $F = qE$ এবং ওজন, $W = mg$

সাম্যবস্থায়, $F = W$

বা, $qE = mg$

বা, $q = \frac{mg}{E}$

এখানে,
ভর, $m = 2\ mg = 0.00\ 2kg$
$g = 10\ ms^{-2}$
তড়িৎ প্রাবল্য, $E = 2.82 \times 10^5\ NC^{-1}$

বা, $q = \frac{0.002 \times 10}{2.82 \times 10^5}$

$\therefore q = 7.09 \times 10^{-8}C$

সুতরাং বলা যায়, কোনো ভিত্তি ছাড়া P বিন্দুতে 2 mg ভরের কোনো বস্তুকে স্থির রাখতে এতে $7.09 \times 10^{-8}C$ মানের ধনাত্মক চার্জ রাখতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪২ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৬

শূন্যস্থানে একই কেন্দ্রের দুটি চার্জিত গোলাকার খোলকের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 10 cm ও 15 cm। ভিতরের খোলকে 40.6 nC চার্জ ও বাহিরের খোলকে 19.3 nC চার্জ রয়েছে।

ক. নিবৃত্তি বিভবের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কৃষ্ণ গহ্বর থেকে আলো বের হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. খোলকগুলোর কেন্দ্রে বিভব নির্ণয় করো। ৩

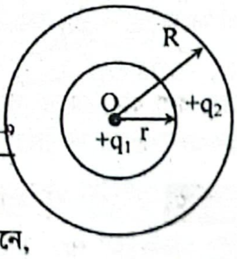
ঘ. কেন্দ্র থেকে 10 cm ও 22 cm দূরে দুটি বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতার তুলনা করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলা হয়।

খ কৃষ্ণগহ্বরের আয়তন খুবই ক্ষুদ্র কিন্তু ভর অত্যধিক হওয়ায় এর ঘনত্ব ও মাধ্যাকর্ষণ বল প্রায় অসীম। ফলে এর মুক্তিবেগ আলোর বেগের চেয়েও বেশি হয় ও কৃষ্ণগহ্বরের মাধ্যাকর্ষণ শক্তি এত প্রবল হয় যে কোন বস্তু এর মধ্যে প্রবেশ করলে বা নাগালের মধ্যে আসলে তা আর বাইরে আসতে পারে না; এমনকি আলোক কণিকা ফোটনও এর মাধ্যাকর্ষণ শক্তি হতে মুক্ত হতে পারে না। কৃষ্ণগহ্বরের মধ্যে থেকে কোনো ফোটন নির্গত হলেও বেশি দূরে যাওয়ার আগেই কৃষ্ণবিবর কর্তৃক পুনরায় আকৃষ্ট হয় এবং তা আর বাইরে বের হতে পারে না। তাই কৃষ্ণগহ্বর থেকে আলো বের হতে পারে না।

গ খোলকগুলোর কেন্দ্র O উভয় খোলকের অভ্যন্তরে অবস্থিত।



ভিতরের খোলকের চার্জের জন্য

কেন্দ্রে বিভব, $V_1 = C\frac{q_1}{r}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{40.6 \times 10^{-9}}{0.1}$$
$$= 3654\ V$$

বাইরের খোলকের চার্জের জন্য

কেন্দ্রে বিভব, $V_2 = C\frac{q_1}{R}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{19.3 \times 10^{-9}}{0.15}$$
$$= 1158\ V$$

এখানে,
ভিতরের গোলকের চার্জ,
$q_1 = 40.6\ nC$
$= 40.6 \times 10^{-9}\ C$
বাইরের খোলকে চার্জ,

$\therefore$ কেন্দ্র O তে মোট বিভব,
$V = V_1 + V_2 = (3654 + 1158)V$
$= 4812$ V (Ans.)

$q_2 = 19.3nC = 19.3 \times 10^{-9}C$
ভিতরের খোলকের ব্যাসার্ধ, $r = 10\text{ cm} = 0.1\text{ m}$
বাইরের খোলকের ব্যাসার্ধ,
$R = 15\text{ cm} = 0.15\text{ m}$
কুলম্ব ধ্রুবক,
$C = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2\text{C}^{-1}$

ঘ (i) কেন্দ্রে থেকে 10 cm দূরে P বিন্দুতে:

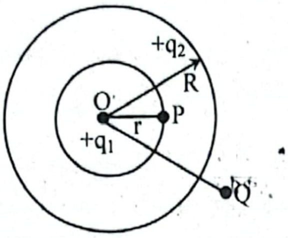
এক্ষেত্রে, P বিন্দুটি ভেতরের খোলকের পৃষ্ঠে ও বাইরের খোলকের অভ্যন্তরে অবস্থিত।

$\therefore$ ভিতরের খোলকের চার্জের জন্য P বিন্দুর প্রাবল্য,

$$E_1 = C\frac{q_1}{{r_2}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{40.6 \times 10^{-9}}{(0.1)^2}$$
$$= 36540\text{ NC}^{-1}\text{ [বাইরের দিকে]}$$

বাইরের খোলকের চার্জের জন্য,
P বিন্দুর প্রাবল্য, $E_2 = 0\text{NC}^{-1}$

[আমরা জানি, ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য]



$\therefore$ P বিন্দুর লব্ধি প্রাবল্য,
$E_p = E_1 + E_2 = 36540 + 0 = 36540\text{ NC}^{-1}$ [বাইরের দিকে]

(ii) কেন্দ্র থেকে 22 cm দূরে Q বিন্দুতে:

এক্ষেত্রে, Q বিন্দুটি উভয় খোলকের বাইরে অবস্থিত।

এখন, ভিতরের খোলকের চার্জের জন্য Q বিন্দুর,

প্রাবল্য, $E_1' = C\frac{q_1}{{r_2}^2}$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{40.6 \times 10^{-9}}{(0.22)^2}$$
$$= 7549.6\text{ NC}^{-1}$$
[বাইরের দিকে]

এখানে,
ভিতরের খোলকের চার্জ, $q_1 = 40.6\text{ nC} = 40.6 \times 10^{-9}\text{ C}$
বাইরের খোলকের চার্জ,
$q_2 = 19.3\text{ nC} = 19. \times 10^{-9}\text{ C}$
খোলকের ভেতরের ব্যাসার্ধ,
$r = 10\text{ cm} = 0.1\text{ m}$
খোলকের বাইরের ব্যাসার্ধ,
$R = 15\text{ cm} = 0.15\text{ m}$
১ম ক্ষেত্রে, দূরত্ব
$r_1 = 10\text{ cm} = 0.1\text{ m}$
২য় ক্ষেত্রে, দূরত্ব,
$r_2 = 22\text{ cm} = 0.22\text{ m}$
কুলম্ব ধ্রুবক,
$C = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

অনুরূপভাবে বাইরের খোলকের চার্জের জন্য Q বিন্দুর প্রাবল্য,
$E_2' = C$
$$\frac{q_2}{{r_2}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{19.3 \times 10^{-9}}{(0.22)^2} = 3588.84\text{ NC}^{-1}\text{ [বাইরের দিকে]}$$

$\therefore$ Q বিন্দুর লব্ধি প্রাবল্য, $E_Q = E_1' + E_2'$
$$= (7549.6 + 3588.84)\text{NC}^{-1}$$
$$= 11{,}138.44\text{ NC}^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে, $E_p > E_Q$ এবং $\frac{E_P}{E_Q} = \frac{36540}{11138.44} = 3.28$

$\therefore E_p = 3.28\ E_Q$

সুতরাং বলা যায়, কেন্দ্র থেকে 10 cm দূরে তড়িৎ প্রাবল্য, 22 cm দূরে তড়িৎ প্রাবল্যের 3.28 গুণ।

প্রশ্ন ▶৪৩ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২

একটি সমান্তরাল পাত ধারকে প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল 1.65 m^2। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 cm ও এটি বায়ু দ্বারা পূর্ণ। বিভব পার্থক্য 60 V। [$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\text{ C}^2\text{ N}^{-1}\text{ m}^{-2}$]

ক. তড়িৎ চুম্বক তরঙ্গ কী? ১
খ. সমআয়তন প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে কৃতকাজ শূন্য— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ধারকের ধারকত্ব নির্ণয় করো।
ঘ. যদি পাতদ্বয়ের মধ্যে 2.5 ডাই ইলেকট্রিক বিশিষ্ট পদার্থ হয় তবে সঞ্চিত শক্তির কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো।

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কম্পমান চার্জ থেকে নির্গত পরস্পরের সাথে এবং সঞ্চালনের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত, সমান কম্পাঙ্ক ও সমদশা তড়িৎক্ষেত্র তরঙ্গ ও চৌম্বকক্ষেত্র তরঙ্গ এর সমন্বয়ে গঠিত শূন্য সঞ্চালনযোগ্য, অতিদ্রুত গতিসম্পন্ন তরঙ্গই হলো তড়িৎ চুম্বক তরঙ্গ

খ গ্যাসের সমআয়তন প্রক্রিয়ায় কোনো কাজ হয় না। এর হলো, এ সময় গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ঘটে না।

আমরা জানি, গ্যাসের কৃতকাজ, $dW = PdV$ যেখানে P হলো চাপ এবং dV হলো আয়তনের পরিবর্তন। সমআয়তন প্রক্রিয়ায়, শূন্য হওয়ায়, $dW = 0$ হয়। এজন্য সমআয়তন প্রক্রিয়ায় গ্যাস কাজ করে না এবং এর ওপর বহিঃস্থ এজেন্ট দ্বারাও কোনো সম্পাদিত হয় না।

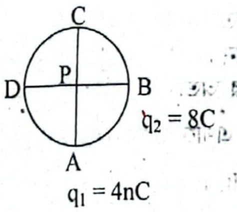
গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 7.3×10^{-10} F

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: প্রাথমিক অবস্থায় সঞ্চিত শক্তি, $U = 1.31 \times 10^{-6}$ J এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, সঞ্চিত শক্তি $U' = 3.287 \times 10^{-6}$ J;

সুতরাং সঞ্চিত শক্তি পূর্বের 2.5 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶৪৪ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং



বৃত্তের ব্যাসার্ধ 15 cm।
ক. পানির ত্রৈধ বিন্দু কী?
খ. তড়িচ্চালক বল বর্তনীতে সম্পূর্ণরূপে প্রভাবিত হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো।
গ. P বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রে প্রাবল্য নির্ণয় করো।
ঘ. C ও D কে যদি একটি পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করা হয় তবে একটি ইলেকট্রন কোন দিকে প্রবাহিত হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট চাপে বিশুদ্ধ বরফ, বিশুদ্ধ পানি ও সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প তাপীয় সাম্যাবস্থায় সহাবস্থান করে তাই পানির ত্রৈধ বিন্দু।

খ বর্তনীতে কোষের তড়িচ্চালক বল সম্পূর্ণ কার্যকর হয় না কারণ তড়িৎ উৎসের অভ্যন্তরীণ রোধে কিছু বিভব পতন হয়। প্রত্যেক তড়িৎ উৎসের মধ্যেই কিছু না কিছু রোধ থাকে যা তড়িৎ প্রবাহকে বাধা দেয়। একে উৎসের অভ্যন্তরীণ রোধ বলে। অভ্যন্তরীণ রোধ বহিঃস্থ রোধের সাথে শ্রেণিতে সংযুক্ত থাকে। বর্তনীর তড়িৎচ্চালক বল E, বহিঃস্থ রোধ R এবং অভ্যন্তরীণ রোধ r হলে,

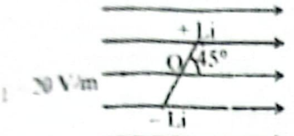
বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ, $I = \frac{E}{R + r}$ অর্থাৎ, $E = RI + rI = V + V'$

এখানে, $rI = V$ হচ্ছে বহিঃস্থ রোধের বিভব পার্থক্য যা মূলত কার্যকর তড়িচ্চালক বল। আর $V' = Ir$ হলো বিভব পতন যা অকার্যকর তড়িৎচ্চালক বল। এই অকার্যকর তড়িচ্চালক বলের জন্যই সম্পূর্ণ তড়িচ্চালক বল বর্তনীতে সম্পূর্ণ প্রভাবিত হয় না।

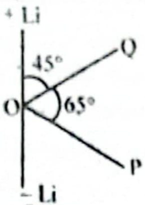
গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶৪৫ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ২



চিত্র-১



চিত্র-২

5 cm দৈর্ঘ্যের লিথিয়াম নিউক্লিয়াস দিয়ে তৈরি তড়িৎ দ্বিমেরুর উপর একটি তড়িৎ ক্ষেত্র কাজ করছে।

ক. চার্জের কোয়ান্টায়ন কাকে বলে? ১

খ. একটি গোলকের ভিতরে কোনো বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য কিন্তু তড়িৎ বিভব শূন্য নয়। ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্র-১ এ দ্বিমেরুটিকে তড়িৎ ক্ষেত্রের দিকে ঘুরাতে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চিত্র-২ এ যদি তড়িৎক্ষেত্রের প্রয়োগ বন্ধ করা হয় তবে তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামকের কেন্দ্র থেকে 6cm ও 5cm দূরে Q ও P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য কি একই হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর চার্জের যে কোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, এটি কেবলমাত্র 1.6×10^{-19}C এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয়টিকে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

খ অসীম দূরত্ব থেকে একটি একক ধনাত্মক আধান গোলকের পৃষ্ঠে আনতে যে কাজ করতে হয়, গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে নিতে ঐ একই পরিমাণ কাজ করতে হয়। কারণ গোলকের অভ্যন্তরে কোনো আধান থাকে না। সুতরাং গোলকের অভ্যন্তরে সকল বিন্দুতে বিভব এর পৃষ্ঠের বিভবের সমান। অপরদিকে গোলকের অভ্যন্তরে কোনো আধান না থাকায় গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয়। আমরা জানি, প্রাবল্য, $E = \frac{dV}{dr}$। এখানে, গোলকের অভ্যন্তরে বিভব সমান হওয়ায়, $dV = 0$, ফলে প্রাবল্য, $E = 0$ হয়ে যায়।

তাই একটি গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য কিন্তু তড়িৎ বিভব শূন্য নয়।

গ আমরা জানি,

তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক, $P = q \times 2l$

$= 1.6 \times 10^{-19} \times 0.05$

$= 8 \times 10^{-21}$ Cm

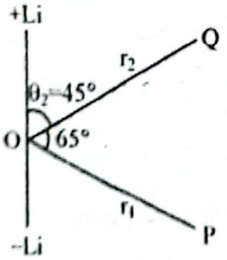
কৃতকাজ, $W = PE(1 - \cos\alpha)$

$= 8 \times 10^{-21} \times 20 \times (1 - \cos 45°)$

$= 4.69 \times 10^{-20}$ J (Ans.)

এখানে,
তড়িৎ প্রাবল্য, $E = 20$ V/m
আধান,
$q = 1\,e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
দ্বিমেরুর দৈর্ঘ্য, $2l = 5$ cm
$= 0.05$ m
কোণ, $\alpha = 45°$

ঘ 'গ' হতে পাই, তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক, $P = 8 \times 10^{-21}$ cm



এখানে,
দ্বিমেরুর কেন্দ্র থেকে P বিন্দুর দূরত্ব, $r_1 = 5$ cm $= 0.05$ m
Q বিন্দুর দূরত্ব,
$r_2 = 6$ cm $= 0.06$ m
কেন্দ্র হতে Q বিন্দুর কৌণিক অবস্থান, $\theta_2 = 45°$
কেন্দ্র হতে P বিন্দুর কৌণিক অবস্থান, $\theta_1 = \theta_2 + 65° = 45° + 65° = 110°$
কুলম্ব ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য

$$E_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{P}{r_1^3}\sqrt{1 + 3\cos^2\theta_1}$$

$$= 9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-21} \times \frac{1}{(0.05)^3}\sqrt{1 + 3(\cos 110°)^2}$$

$$= 6.69 \times 10^{-7}\ \text{NC}^{-1}$$

Q বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য

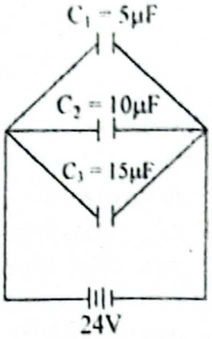
$$E_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{P}{r_2^3}\sqrt{1 + 3\cos^2\theta_2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-21}}{(0.06)^3}\sqrt{1 + 3\cos^2 45} = 5.27 \times 10^{-7}\ \text{NC}^{-1}$$

এখানে, $E_P \neq E_Q$

সুতরাং, তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামকের কেন্দ্র থেকে P ও Q বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য একই হবে না।

প্রশ্ন ▶৪৬ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ২



ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. একটি চার্জকে সমবিভব তলের এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে স্থানান্তরে কোন কাজ সম্পাদন হয় না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীতে ধারকগুলোতে মোট সঞ্চিত শক্তির পরিমান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. অধিক পরিমান চার্জ সঞ্চিত করার জন্য উক্ত সমাবেশটি উপযোগী কিনা। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ সমবিভব তলের যে কোনো দুটি বিন্দুর বিভব সমান। সুতরাং ঐ বিন্দু দুটির বিভব পার্থক্য শূন্য। বিভব পার্থক্যের সংজ্ঞানুযায়ী এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক চার্জকে সরালে কৃতকাজ উক্ত বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্যের সমান। সুতরাং একটি সমবিভব তলের একবিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক চার্জ সরালে বিভব পার্থক্য শূন্য হওয়ায় কৃতকাজের পরিমাণ শূন্য হবে।

গ

আমরা জানি,

তুল্যধারকত্ব, $C_p = C_1 + C_2 + C_3$

$= 5 + 10 + 15$

$= 30\ \mu F$

$\therefore C_p = 30 \times 10^{-6}$ F

মোট সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2}C_pV^2$

এখানে,
ধারকত্রয়ের ধারকত্ব যথাক্রমে,
$C_1 = 5\mu F$
$C_2 = 10\mu F$
$C_3 = 15\mu F$
বিভব পার্থক্য
$V = 24$ V

$= \frac{1}{2} \times 30 \times 10^{-6} \times (24)^2$

$= 8.64 \times 10^{-3}$ J (Ans.)

ঘ

'গ' নং হতে পাই, তুল্য ধারকত্ব,

$C_p = 30 \times 10^{-6}$F

$\therefore$ বর্তনীতে সঞ্চিত চার্জ, $Q_p = C_pV$

$= 30 \times 10^{-6} \times 24$

$= 7.2 \times 10^{-4}$ C

এখানে,
ধারকত্রয়ের ধারকত্ব যথাক্রমে,
$C_1 = 5\mu F$
$C_2 = 10\mu F$
$C_3 = 15\mu F$
বিভব পার্থক্য, $V = 24$ V

আবার, ধারকগুলো শ্রেণি সমবায়ে থাকলে এরূপ তুল্য ধারকত্ব C_S হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{11}{30}$$

$$\therefore C_S = \frac{30}{11}\mu F = \frac{30}{11} \times 10^{-6}\ F$$

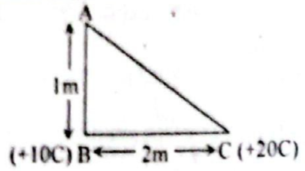
এক্ষেত্রে, বর্তনীতে সঞ্চিত চার্জ, $Q_s = C_sV = \frac{30}{11} \times 10^{-6} \times 24$

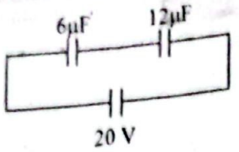
$= 6.55 \times 10^{-5}C$

দেখা যাচ্ছে, $Q_P > Q_s$

সুতরাং বলা যায়, অধিক পরিমান চার্জ সঞ্চিত করার জন্য উদ্দীপকের সমান্তরাল সমবেশটি বেশি উপযোগী।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ১





ক. বিভব বিভাজক কী? ১

খ. তড়িৎ বর্তনীতে শান্ট গুরুত্বপূর্ণ কেন? ২

গ. চিত্র-১ থেকে A বিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চিত্র-২ এ কোন ধারকে সঞ্চিত শক্তি বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিভব বিভাজক হলো ভোল্টেজ কমানো বা নিয়ন্ত্রণ করার জন্য একটি সাধারণ ইলেকট্রিক সার্কিট যা দুই বা ততোধিক রোধক ব্যবহার করে ইনপুট ভোল্টেজকে বিভক্ত করে একটি নির্দিষ্ট আউটপুট ভোল্টেজ প্রদান করে।

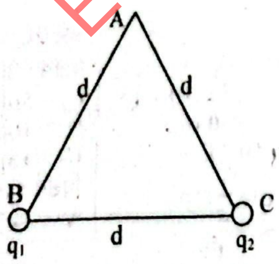
খ গ্যালভানোমিটার বা অ্যামিটারের মত অত্যন্ত সুবেদী যন্ত্রগুলোর মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা সীমা অতিক্রম করলে যন্ত্রের কুন্ডলীটি পুড়ে যায় এবং যন্ত্রটি ক্ষতিগ্রস্ত হয়। এসব যন্ত্রকে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করার জন্য শান্ট ব্যবহার করা হয়।

একারণেই তড়িৎ বর্তনীতে শান্ট গুরুত্বপূর্ণ।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 1.7×10^{11} V

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর অনুরূপ। উত্তর: 6μF ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ 5.33×10^{-4} এবং 12μF ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ 2.667×10^{-4} J। সুতরাং 6μF ধারকের সঞ্চিত শক্তি বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৮ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩



চিত্র : $q_1 = 24nC, q_2 = -24nC$ এবং $d = 4m$

ক. ক্ষেত্র প্রাবল্য গুণাংক কী? ১

খ. সুষম তড়িৎ ক্ষেত্রে বলরেখা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্য নির্ণয় করো। ৩

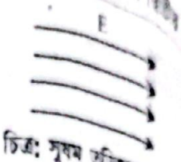
ঘ. A বিন্দুতে যদি q_3 = 12 nC চার্জ স্থাপন করা হয় তবে সিস্টেমের সঞ্চিত শক্তি -2.592×10^{-6} J হবে কি? তোমার মতামত দাও। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ক্ষেত্র প্রাবল্য গুণাংক হলো একটি রাশি যা কোনো ক্ষেত্রের প্রাবল্যের উপর নির্ভর করে এবং সেটির প্রকৃতি অনুযায়ী সংজ্ঞায়িত হয়।

খ কোনো তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে প্রাবল্য যদি একই হয় অর্থাৎ তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে প্রাবল্যের মান সমান ও দিক একই হয়, তাকে সুষম তড়িৎক্ষেত্র বলে।

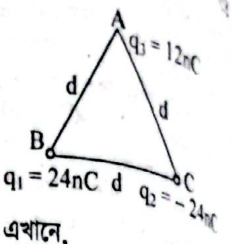
সুষম তড়িৎক্ষেত্রে বলরেখাগুলো পরস্পর সমান্তরাল ও সমঘনত্ব বিশিষ্ট হয়। কয়েকটি সমান্তরাল সরলরেখা অঙ্কন করে তাতে তীর চিহ্ন দিয়ে সুষম তড়িৎক্ষেত্র নির্দেশ করা হয়।



চিত্র: সুষম তড়িৎক্ষেত্রের

গ ৩১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 13.5 NC^{-1}; A বিন্দুতে BC এর সমান্তরাল বরাবর।

ঘ সিস্টেমে পূর্বে কোন চার্জ না থাকলে B বিন্দুতে q_1 চার্জ আনতে কোন তড়িৎবল দ্বারা কাজ করতে হয় না।



তাই, B বিন্দুতে q_1 চার্জ আনতে কৃতকাজ, $W_1 = 0$ J

B বিন্দুতে q_1 চার্জ আনার পর C বিন্দুতে q_2 চার্জ রাখতে q_1 এর জন্য তড়িৎবল দ্বারা কাজ করতে হয়।

q_1 চার্জের জন্য C বিন্দুর বিভব

$$V_C = C\frac{q_1}{d}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{24 \times 10^{-9}}{4}$$
$$= 54 \text{ V}$$

এখানে,
A বিন্দুর চার্জ, $q_3 = 12nC$
B বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 24nC$
C বিন্দুর চার্জ, $q_2 = -24nC$
বাহুর দৈর্ঘ্য, $d = 4m$
কুলম্ব ধ্রুবক,
$C = \frac{1}{4r\in_0} = 9 \times 10^9 C^2N^{-1}m^{-2}$

∴ C বিন্দুতে q_2 চার্জ আনতে কৃতকাজ, $W_2 = V_C q_2$

$$= 54 \times (-24 \times 10^{-9}) J$$
$$= -1.296 \times 10^{-6} J$$

আবার, B ও C বিন্দুতে যথাক্রমে q_1 ও q_2 চার্জ আনার পর A বিন্দুতে q_3 চার্জ আনতেও তড়িৎ বল দ্বারা কাজ করতে হবে।

B ও C বিন্দুর চার্জের জন্য A বিন্দুর বিভব,

$$V_A = C\frac{q_1}{d} + C\frac{q_2}{d} = \frac{C}{d}(q_1 + q_2)$$
$$= \frac{9 \times 10^9}{4}(-24 \times 10^{-9} - 24 \times 10^{-9}) = 0 V$$

∴ A বিন্দুতে q_3 চার্জ আনতে কৃতকাজ, $W_3 = V_A q_3 = 0 \times q_3 = 0 J$

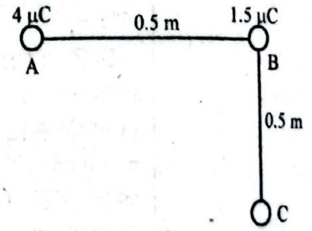
∴ সিস্টেমের সঞ্চিত শক্তি,

$$U = W_1 + W_2 + W_3 = 0 - 1.296 \times 10^{-6} + 0 = -1.296 \times 10^{-6} J$$

সুতরাং বলা যায়, সিস্টেমের সঞ্চিত শক্তি -2.592×10^{-6} J হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং

চিত্রটি লক্ষ্য করো:



C বিন্দুতে 1.5 kg ভরের 0.4 C চার্জ স্থাপন করা হলো।

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কী? ১

খ. কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. C বিন্দুতে.(চার্জ স্থাপনের পূর্বে) তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. C বিন্দুতে চার্জিত বস্তুটি স্থির থাকবে কি-না– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোনো দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতই হলো ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক।

খ কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা:

i. কুলম্বের সূত্র কেবলমাত্র বিন্দু চার্জের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। অনিয়মিত আকৃতির চার্জিত বস্তুর ক্ষেত্রে এ সূত্র প্রয়োগ করা যায় না।

ii. চার্জিত বস্তু যাদের আকার এদের মধ্যকার দূরত্বের চেয়ে অনেক ছোট, সেসব ক্ষেত্রে শুধুমাত্র কুলম্বের সূত্র প্রযোজ্য।

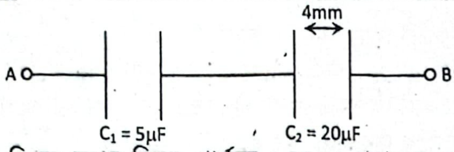
iii. কুলম্বের সূত্র স্থির চার্জ বা চার্জ বিন্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। গতিশীল চার্জের ক্ষেত্রে এই সূত্র সঠিকভাবে প্রয়োগ করা যায় না।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 77911.68 V

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: C বিন্দুতে স্থাপিত চার্জটির ওপর নীট বল কখনোই শূন্য হবে না। অতএব, C বিন্দুতে চার্জিত বস্তুটি স্থির থাকবে না।

প্রশ্ন ▸ ৫০ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২



A ও B বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য 1.25 V প্রদান করে ধারক দুটি চার্জিত করার পর C_1 ধারকটি বর্তনী হতে খুলে নেয়া হলো। পরবর্তীতে C_1 ধারকের পাত দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিবর্তনের মাধ্যমে এর ধারকত্ব 2 μF করতে 3.75×10^{-6} কাজ করতে হলো।

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামকের মাত্রা সমীকরণটি লিখ। ১
খ. অসম তড়িৎ ক্ষেত্রের জন্য তড়িৎ প্রাবল্য থেকে কিভাবে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করা যায়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. C_2 ধারকের মধ্যবর্তী তড়িৎ ক্ষেত্র নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের পর্যবেক্ষণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামকের মাত্রা সমীকরণটি হলো [ILT]।

খ তড়িৎ বিভব হলো তড়িৎ প্রাবল্যের বিপরীত দিকে একক ধনাত্মক চার্জ সরানোর জন্য প্রয়োজনীয় কাজ। এটিকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

$dV = -E(r).dr$

অসম তড়িৎ ক্ষেত্রের বিভব নির্ণয়ের জন্য অসম তড়িৎ ক্ষেত্রের একটি নির্দিষ্ট ব্যবধিতে যোগজীকরণ করতে হয়। অর্থাৎ

$$V = -\int_{r_1}^{r_2} E(r)\, dr$$

গ তুল্য ধারকত্ব,

$$C_s = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)^{-1}$$
$$= \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{20}\right)^{-1}$$
$$= 4\ \mu F = 4 \times 10^{-6}\ F$$

এখানে,
ধারকত্ব, $C_1 = 5\ \mu F = 5 \times 10^{-6}\ F$
$C_2 = 20\ \mu F = 20 \times 10^{-6}\ F$
A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী বিভব পার্থক্য,
$V = 1.25\ V$
C_2 ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 4\ mm$

সুতরাং, প্রতিটি ধারকে সঞ্চিত চার্জ, $Q = C_s V$

$$= 4 \times 10^{-6} \times 1.25$$
$$= 5 \times 10^{-6}\ C$$

C_2 ধারকের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$$V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{5 \times 10^{-6}}{20 \times 10^{-6}} = 0.25\ V$$

সুতরাং C_2 ধারকের মধ্যবর্তী তড়িৎক্ষেত্র

$$E = \frac{V_2}{d} = \frac{0.25}{4 \times 10^{-3}} = 62.5\ NC^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, ধারকদ্বয়ের মধ্যে সঞ্চিত চার্জ, $Q = 5 \times 10^{-6}\ C$

C_1 ধারকত্বের বিভব পার্থক্য V_1 হলে, $V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{5 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-6}}$
$= 1\ V$

ধারকের প্রাথমিক শক্তি,

$$U_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2$$

এখানে,
ধারকত্ব,
$C_1 = 5\ \mu F$
$= 5 \times 10^{-6}\ F$
পরিবর্তি ধারকত্ব,
$C'_1 = 2\ \mu F = 2 \times 10^{-6}\ F$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times 1^2 = 2.5 \times 10^{-6}\ J$$

যেহেতু চার্জ সংরক্ষিত থাকে

তাই, $Q = C'_1 V'_1$

বা, $V'_1 = \frac{Q}{C'_1} = \frac{5 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-6}} = 2.5\ V$

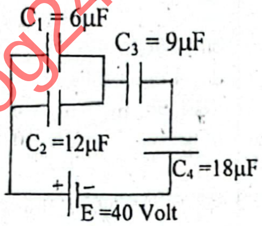
C_1 এর ধারকত্ব পরিবর্তন করে 2 μF করা হলে,

নতুন শক্তি $U'_1 = \frac{1}{2} C'_1 V'^2_1$

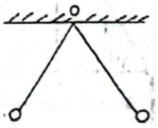
$$= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (2.5)^2 = 6.25 \times 10^{-6}\ J$$

∴ কৃতকাজ = সঞ্চিত শক্তির পরিবর্তন
$= U'_1 - U_1 = 6.25 \times 10^{-6} - 2.5 \times 10^{-6} = 3.75 \times 10^{-6}\ J$
যা উদ্দীপকের পর্যবেক্ষণকৃত কাজের মানের সমান।

প্রশ্ন ▸ ৫১ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৪



চিত্র-১



চিত্র-২

চিত্র: ২ এ 1 gm ভরের দুটি বস্তু 80 cm দৈর্ঘ্যের সিল্কের সুতার সাহায্যে ঝুলন বিন্দু O হতে ঝুলানো হলো। পরে এদেরকে সমভাবে আহিত করলে এরা বিকর্ষণ করে 4 cm দূরত্বে অবস্থান করে।

ক. 1 রাদারফোর্ড কাকে বলে? ১
খ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন নেই অথচ β ক্ষয়ে ইলেকট্রন নির্গত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চিত্র: ১ বর্তনীর C_1 ও C_2 ধারকত্বের ধারকের চার্জের তুলনা করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের চিত্র: ২ এর ব্যবস্থাটির ঝুলন বিন্দু (O) তে লব্ধি প্রাবল্যের মান নির্ণয় করা যাবে কিনা- গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পরমাণুর প্রতি সেকেন্ডে 10^6 সংখ্যক নিউক্লিয়াসের তেজস্ক্রিয় ক্ষয়কে 1 (এক) রাদারফোর্ড বলে।

খ পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না কিন্তু বিটা ক্ষয়ে ইলেকট্রন নির্গত হয়। এর কারণ পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যখন একটি নিউট্রন একটি প্রোটনে পরিণত হয়, তখন একটি ইলেকট্রন উৎপন্ন হয় ($n \longrightarrow p^+ + e^-$)। এই ইলেকট্রনটির উপর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত তীব্র নিউক্লিয় বলের কোনো প্রভাব থাকে না। তাই ইলেকট্রনটি নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে না। যা β কণা হিসেবে বেরিয়ে আসে।

গ এখানে, C_1 ও C_2 সমান্তরালে তাই এদের তুল্য ধারকত্ব,
$C_p = C_1 + C_2 = 6 + 12$
$= 18\ \mu F$
$= 18 \times 10^{-6}\ F$

এখানে,
চারটি ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = 6\ \mu F$
$C_2 = 12\ \mu F$
$C_3 = 9\ \mu F$
$C_4 = 18\ \mu F$
বর্তনীর বিভব, $E = 40\ V$

আবার, C_p, C_3 ও C_4 শ্রেণিতে সংযুক্ত

এক্ষেত্রে, তুল্য ধারকত্ব, $C_s = \left(\frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}\right)^{-1}$

$$= \left(\frac{1}{18} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18}\right)^{-1} \mu F$$

$$= 4.5\ \mu F = 4.5 \times 10^{-6}\ F$$

সুতরাং শ্রেণিতে সংযুক্ত ধারক গুলোর মধ্যে সঞ্চিত আধান

$Q = C_s E = 4.5 \times 10^{-6} \times 40 = 1.8 \times 10^{-4}\ C$

C_p এর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য V_1 হলে,

$V_1 = \frac{Q}{C_p} = \frac{1.8 \times 10^{-4}}{18 \times 10^{-6}} = 10\ V$

C_1 ও C_2 সমান্তরালে তাই এদের মধ্যে সঞ্চিত চার্জ,

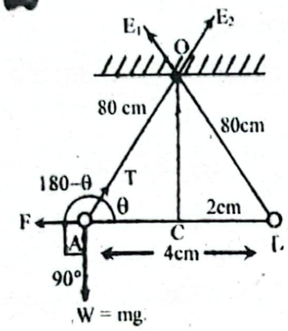
$Q_1 = C_1 V_1$ এবং $Q_2 = C_2 V_1$

$\therefore \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_1 V_1}{C_2 V_1} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$

$\therefore Q_1 = \frac{Q_2}{2}$

C_1 ধারকত্বের চার্জ C_2 ধারকত্বের চার্জের অর্ধেক হবে। **(Ans.)**

খ



এখানে,
সুতার দৈর্ঘ্য, $l = 80\ cm = 0.8\ m$
আধানদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 4\ cm = 0.04\ m$
বস্তুর ভর, $m_1 = m_2 = m = 1\ gm = 1 \times 10^{-3}\ kg$
ধরি,
বস্তু দুটিতে চার্জের পরিমাণ, $q_1 = q_2 = q$
কুলম্ব ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

এখানে, $\cos\theta = \frac{AC}{OA} = \frac{2}{80} = \frac{1}{40}$

বা, $\theta = 88.6°$

A বিন্দুতে, তড়িৎ বল F, সুতার টান T ও বস্তুর ওজন W সাম্যাবস্থা তৈরি করেছে। সাম্যাবস্থায় লামির উপপাদ্য অনুসারে,

$$\frac{T}{\sin 90°} = \frac{F}{\sin(90+\theta)} = \frac{W}{\sin(180-\theta)}$$

$\therefore \frac{F}{\cos\theta} = \frac{W}{\sin\theta}$

বা, $F = mg \cot\theta = 1 \times 10^{-3} \times 9.8 \times \cot(88.6°)$

বা, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 q_2}{d^2} = 2.395 \times 10^{-4}$

বা, $q^2 = \frac{2.395 \times 10^{-4} \times (0.04)^2}{9 \times 10^9} = 4.258 \times 10^{-17}$

বা, $q = \pm 6.525 \times 10^{-9}\ C$

O বিন্দুতে A ও B চার্জের কারণে প্রাবল্য একই হবে [যেহেতু দূরত্ব ও চার্জ সমান]

সুতরাং $E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{l^2}$ [উভয় চার্জের ধনাত্মক মান বিবেচনা করে]

$= 9 \times 10^9 \times \frac{6.525 \times 10^{-9}}{0.8^2}$

$= 91.761\ NC^{-1}$

$\alpha = \angle AOB = 180 - 2\theta$ [$\because \angle E_2OE_1 = \angle AOB$]

$\alpha = 180 - 2 \times 88.6 = 2.8°$

যেহেতু $E_1 = E_2$

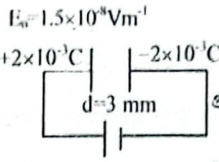
$\therefore$ লব্ধি প্রাবল্য, $E_R = 2E_1 \cos\frac{\alpha}{2}$

$$= 2 \times 92.8125 \times \cos\frac{2.8}{2}$$

$$= 183.47\ NC^{-1}$$

সুতরাং O বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের মান নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৫২ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন ন



প্রত্যেকটি পাতের ক্ষেত্রফল = 0.2 m

ক. তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রটি লিখ।

খ. সমান ভরের একই পরিমাণ তাপ দুটি ভিন্ন বস্তুতে সর করা হলে তাপমাত্রার পরিমাণ ভিন্ন হয়— ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকে ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো।

ঘ. ধারকটির পাতদ্বয়ের ঠিক মাঝখানে t = 2 mm পুরুত্বের K = পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম প্রবেশ করানো হলে সঞ্চিত শক্তির কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বস্তু যদি তৃতীয় কোন বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থা তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুটিও পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায় থাক

খ আমরা জানি, তাপ, $Q = ms\Delta\theta$। যেখানে, বস্তুর ভর m, আপেক্ষিক তাপ ও $\Delta\theta$ হলো তাপমাত্রা বৃদ্ধি। এখন দুটি বস্তুতে এ পরিমাণ তাপ দিলে,

$Q_1 = Q_2$

বা, $m_1 s_1 \Delta\theta_1 = m_2 s_2 \Delta\theta_2$

বা, $s_1\Delta\theta_1 = s_2\Delta\theta_2$ [$\because$ ভর সমান হলে, $m_1 = m_2$]

বা, $\frac{s_1}{s_2} = \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$ অর্থাৎ $s_1 > s_2$ হলে, $\Delta\theta_2 > \theta_1$ হবে। অর্থাৎ, তাপমা বৃদ্ধি ও আপেক্ষিক তাপ পরস্পর ব্যাস্তানুপাতিক। তাই সমান ভ দুটি ভিন্ন উপাদানের বস্তুতে একই পরিমাণ তাপ দিলে যার উপাদা আপেক্ষিক তাপ কম, তার তাপমাত্রা বেশি হবে।

গ ১০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5.87×10^{-10} F

ঘ ‘গ’ হতে পাই, ধারকত্ব, $C_0 = 5.9 \times 10^{-10}\ F$

এখন, পাতদ্বয়ের মাঝখানে t = 2 mm পুরুত্বের K = 5 পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম প্রবেশ করানো হলে নতুন ধারকত্ব,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d - t\left(1 - \frac{1}{K}\right)}$$

$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 0.2}{0.003 - 0.002\left(1 - \frac{1}{5}\right)}$$

$$= 1.26 \times 10^{-9}\ F$$

এখানে,
পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 0.2\ m^2$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 3\ mm = 0.003\ m$
শূন্যস্থানের তড়িৎ ভেদনযোগ্য
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

পূর্বের সঞ্চিত শক্তি, $U_0 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_0}$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{5.9 \times 10^{-10}}$$

$$= 3.39 \times 10^3\ J$$

এখানে,
সঞ্চিত চার্জ, $Q = 2 \times 10^{-3}\ C$

পরের সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{1.26 \times 10^{-9}}$$

$$= 1.59 \times 10^3\ J$$

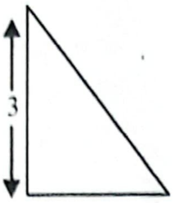
$\therefore$ সঞ্চিত শক্তি হ্রাস পাবে $= (U_0 - U)$

$$= (3.39 - 1.59) \times 10^3\ J$$

$$= 1.8 \times 10^3\ J$$

▶৫৩ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৩

cm বাহুবিশিষ্ট একটি সমদ্বিবাহু সমকোণী ত্রিভুজের ভূমির দুই প্রান্তে 50 nC এবং – 50 nC আধান রাখা হলো।



ক. গাউসের সূত্রটি লিখ। ১

খ. কোনো সমবিভব তলে চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ শূন্য– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ত্রিভুজটির শীর্ষ বিন্দুতে বিভব নির্ণয় করো। ৩

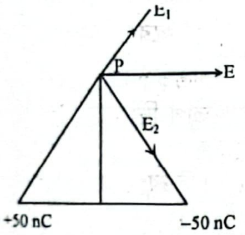
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত আধানদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 3×10^{-19} cm ধরে একটি তড়িৎ দ্বিমেরু কল্পনা করো এবং দ্বিমেরু হতে 3 cm দূরে এর অক্ষের লম্বদ্বিখণ্ডকের উপর তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য বের করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট ড়িৎ ফ্লাক্সের $\in_0$ গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

সমবিভব তলের প্রতিটি বিন্দুতে বিভবের মান সমান। সুতরাং কোনো দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য শূন্য। বিভব পার্থক্যের জ্ঞানুযায়ী। এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক র্জকে স্থানান্তরে যে কৃতকাজ হয় তা উক্ত বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্যের মান। সুতরাং একটি সমবিভব তলের একবিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে কটি একক ধনাত্মক চার্জ স্থানান্তর বিভব পার্থক্য শূন্য হওয়ায় তকাজের পরিমাণ শূন্য হবে।

৬(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4386.8 V।



এখানে,
আধানদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$2l = 3 \times 10^{-19}$ cm $= 3 \times 10^{-21}$ m
আধানদ্বয়ের মধ্যবিন্দু থেকে অঙ্কিত লম্বদ্বিখণ্ডক এর উপর কোনো বিন্দুর দূরত্ব,
$r = 3$ cm $= 0.03$ m
কুলম্ব ধ্রুবক $\frac{1}{4\pi\in_0}$
$= 9 \times 10^9$ Nm^2 C^{-2}
দ্বিমেরুর আধান,
$q = 50$ nC $= 50 \times 10^{-9}$ C

বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য

$$= \frac{1}{4\pi\in_0} \times \frac{q \times 2l}{(r^2 + l^2)^{3/2}}$$

খানে,

$>>1$

$$\text{তরাং } E = \frac{1}{4\pi\in_0} \times \frac{q \times 2l}{r^3} = 9 \times 10^9 \times \frac{50 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^{-21}}{(0.03)^3}$$
$$= 5 \times 10^{-14} \text{ NC}^{-1}$$

তরাং, তড়িৎ দ্বিমেরুর লম্বদ্বিখণ্ডকের উপর তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য $5 \times$ 0^{-14} NC^{-1}।

▶৫৪ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ২

নটি বিন্দু আধান— 3μC, 6μC এবং +3μC, 1m বাহুবিশিষ্ট বর্গের নকোণায় পরপর স্থাপন করা হল।

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. আধানের কোয়ান্টায়ন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্গের চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর। ৩

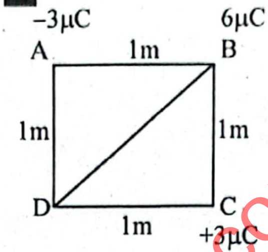
ঘ. বর্গের চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান ও দিক নির্ণয় করা যাবে কি? — গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরুর যেকোনো একটি আধান এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক বলে।

খ আধানের একটি নির্দিষ্ট ও ন্যূনতম মান আছে যা অপেক্ষা কম মানের আধান পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেকোনো অহিত বস্তুতে মোট আধানের পরিমাণ ঐ ন্যূনতম আধানের অখণ্ড গুণিতক; একে আধানের কোয়ান্টায়ন বলে। আধান এক স্থান থেকে আর এক স্থানে গমনের ক্ষেত্রেও ঐ ন্যূনতম মানের অখণ্ড গুণিতক হিসেবেই গমন করে, ঐ ন্যূনতম আধানকে *e* দ্বারা প্রকাশ করা হলে কোনো বস্তুতে মোট আধানের পরিমাণ $+ 10e$ বা $- 7e$ হতে পারে কিন্তু $+ 5.32\ e$ হতে পারে না।

গ



এখানে,
A বিন্দুর আধান, $q_1 = - 3\mu C$
$= - 3 \times 10^{-6}$C
B বিন্দুর আধান, $q_2 = 6\ \mu C$
$= 6 \times 10^{-6}$C
C বিন্দুর আধান, $q_3 = + 3\ \mu C$
$= 3 \times 10^{-6}$C
বর্গের বাহু AB = BC = CD = AD
= a = 1 m
কর্ণ, $BD = \sqrt{2}a = \sqrt{2}$ m
কুলম্ব ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

A বিন্দুর আধানের জন্য D বিন্দুতে তড়িৎ বিভব, $V_1 = C\frac{q_1}{AD}$

B বিন্দুর আধানের জন্য D বিন্দুতে তড়িৎ বিভব, $V_2 = C\frac{q_2}{BD}$

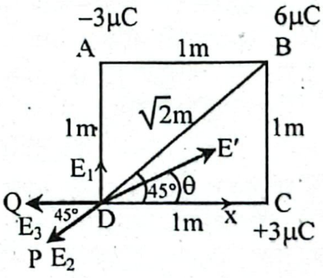
C বিন্দুর আধানের জন্য D বিন্দুতে তড়িৎ বিভব, $V_3 = C\frac{q_3}{CD}$

∴ D বিন্দুতে মোট তড়িৎ বিভব,

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = C\frac{q_1}{AD} + C\frac{q_2}{BD} + C\frac{q_3}{CD}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \left(\frac{-3 \times 10^{-6}}{1} + \frac{6 \times 10^{-6}}{\sqrt{2}} + \frac{3 \times 10^{-6}}{1}\right)$$
$$= 3.8183 \times 10^4 \text{ V } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ A রিন্দুর আধানের জন্য D বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_1 = C\frac{q_1}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{1^2}$$
$$= 27{,}000 \text{ NC}^{-1} \text{ [DA বরাবর]}$$



B বিন্দুর আধানের জন্য D বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_2 = C\frac{q_2}{r_1^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6}}{(\sqrt{2})^2}$$
$$= 27000 \text{ NC}^{-1} \text{ [DP বরাবর]}$$

C বিন্দুর আধানের জন্য D বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য,

এখানে,
A বিন্দুর চার্জ, $q_1 = - 3 \times 10^{-6}$C
B বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 6 \times 10^{-6}$C
C বিন্দুর চার্জ, $q_3 = 3 \times 10^{-6}$C
বাহু, AB = BC = CD = AD
= r = 1 m
কর্ণ, $BD = r_1 = \sqrt{2}$ m
কুলম্ব ধ্রুবক,
$C = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

$$E_3 = C\frac{q_3}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{1^2} = 27000 \text{ NC}^{-1} \text{ [DQ বরাবর]}$$

দেখা যাচ্ছে, $E_1 = E_2 = E_3 = E = 27000$ NC^{-1}

ধরি, D বিন্দুর লব্ধি প্রাবল্য E' যা DC এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে।

∴ X অক্ষ বা DC বরাবর লম্বাংশ উপপাদ্য প্রয়োগ করে,

$$E'\cos\theta = E_1\cos 90^\circ + E_3\cos 180^\circ + E_2\cos(180^\circ + 45^\circ)$$

বা, $E'\cos\theta = -E - \frac{E}{\sqrt{2}} = -1.707\,E$ ..... (1)

Y অক্ষ বা DA বরাবর লম্বাংশ উপপাদ্য প্রয়োগ করে,

$$E'\sin\theta = E_1\sin 90^\circ + E_3\sin 180^\circ + E_2\sin(180^\circ + 45^\circ)$$

বা, $E'\sin\theta = E + 0 - \frac{E}{\sqrt{2}} = 0.293\,E$ ..... (2)

$(1)^2 + (2)^2$ করে পাই,

$$E'^2(\cos^2\theta + \sin^2\theta) = E^2\{(1.707)^2 + (0.293)^2\}$$

$$E' = E\sqrt{(1.707)^2 + (0.293)^2} = 27000\sqrt{(1.707)^2 + (0.293)^2}$$

$\therefore E' = 46763.02\ NC^{-1}$

(2) ÷ (1) করে, $\frac{E'\sin\theta}{E'\cos\theta} = \frac{0.293\,E}{-1.707\,E}$

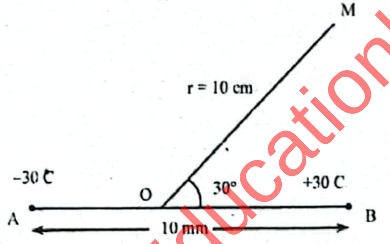
বা, $\tan\theta = -0.17165$ ∴ $\theta = \tan^{-1}(-0.17165) = 170.26^\circ$

তড়িৎ প্রাবল্যের দিক হবে ধনাত্মক X অক্ষ বা DC বাহুর সাথে 170.26° বরাবর :

সুতরাং বলা যায়, বর্গের চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান ও দিক নির্ণয় করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ ঢাকা কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৩

নিচে একটি ইলেকট্রিক ডাইপোলের চিত্র দেয়া হয়েছে। O হলো ইলেকট্রিক ডাইপোলের মধ্য বিন্দু।



ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কী? ১

খ. 5eV বলতে কী বুঝ? ২

গ. ইলেকট্রিক ডাইপোলের দুরত্ব 10 mm থেকে কমিয়ে 5 mm করতে কী পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হবে? ৩

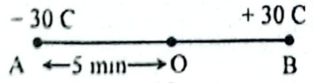
ঘ. M বিন্দুতে E_r, E_0 এর কতগুণ তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোন দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতই হলো ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক।

খ 5V বিভব পার্থক্যের কোন ক্ষেত্রে একটি ইলেকট্রন যে শক্তি লাভ করে তাই 5eV। অথবা, 5eV বিভব পার্থক্য বিশিষ্ট দুইটি বিন্দুর একটি থেকে অন্যটিতে একটি ইলেকট্রনকে সরাতে যে শক্তি প্রয়োজন তাই 5 eV।

গ



A বিন্দুর − 30C চার্জের জন্য B বিন্দুতে তড়িৎ বিভব,

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_1}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{-30}{0.01}$$
$$= -2.7 \times 10^{13}\ V$$

এখানে,

A বিন্দুর চার্জ, $q_A = -30C$

B বিন্দুর চার্জ, $q_B = +30\ C$

দূরত্ব, $AB = r_1 = 10\ mm = 0.01\ m$

O, AB এর মধ্যবিন্দু

∴ দূরত্ব $AO = r_2 = \frac{1}{2}AB$

$= 5\ mm = 0.005\ m$

কুলম্ব ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

A বিন্দুর – 30C চার্জকে স্থির রেখে B বিন্দুর +30C চার্জকে B O বিন্দুতে আনলে ইলেকট্রিক ডাইপোলের দূরত্ব 10 mm থেকে 5mm হবে।

A বিন্দুর – 30C চার্জের জন্য O বিন্দুর তড়িৎ বিভব,

$$V_O = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r_2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(-30)}{0.005} = -5.4 \times 10^{13}\ V$$

O এবং B বিন্দুর বিভব পার্থক্য,

$$\Delta V = V_O - V_B = -5.4 \times 10^{13} - (-2.7 \times 10^{13}) = -2.7 \times 10$$

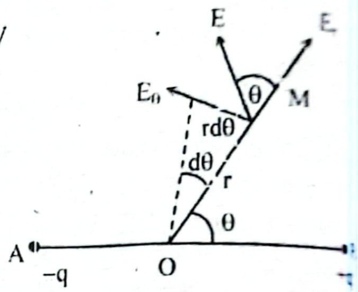
∴ + 30C চার্জকে B থেকে O বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ,

$$W = \Delta V q_B = -2.7 \times 10^{13} \times 30 = -8.1 \times 10^{14}\ J।$$

এখানে, কৃতকাজ ঋণাত্মক। কারণ + 30 C চার্জটি তড়িৎ আকর্ষণে B থেকে O তে আসবে।

∴ কৃতকাজ, $W = 8.1 \times 10^{14}\ J$ (শুধু মান নিয়ে) **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, তড়িৎ দ্বিমেরুর জন্য তড়িৎ বিভব, V তড়িৎ দ্বিমেরুর জন্য M বিন্দুতে প্রাবল্যের দুটি উপাংশ পাওয়া যায়। একটি উপাংশ OM বরাবর ব্যাসার্ধ উপাংশ = E_r অপরটি OM এর সাথে লম্ব বরাবর তীর্যক উপাংশ = $E_θ$ ব্যাসার্ধমুখী উপাংশ।



$$E_r = -\frac{d}{dr}\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{p\cos\theta}{r^2}\right)$$
$$= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{d}{dr}\left(\frac{p\cos\theta}{r_2}\right)$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2p\cos\theta}{r^3}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 0.3\cos 30^\circ}{(0.1)^3}$$
$$= 4.68 \times 10^{12}\ NC^{-1}$$

এখানে,

চার্জ, $q = 30\ C$

দূরত্ব, $2l = AB = 10\ mm = 0.01\ m$

দ্বিমেরু ভ্রামক, $p = q \times 2l = 30 \times 0.01 = 0.3\ m$

দূরত্ব, $OM = r = 10\ cm = 0.1\ m$

কোণ, $\theta = 30^\circ$

কুলম্বের ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times$ Nm^2C^{-2}

আবার, তীর্যক উপাংশ $E_θ$ হলে,

$$\therefore E_\theta = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{p\sin\theta}{r^3} = 9 \times 10^9 \times \frac{0.3 \times \sin 30}{(0.1)^3}$$
$$= 1.35 \times 10^{12}\ NC^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে, $E_r > E_\theta$ এবং $\frac{E_r}{E_\theta} = \frac{4.68 \times 10^{12}}{1.35 \times 10^{12}} = 3.467$

সুতরাং, M বিন্দুতে E_r, $E_θ$ এর 3.467 গুণ।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ❙ প্রশ্ন ন

$q_1 = +10\times10^{-6}C$ এবং $q_2 = -5\times10^{-6}C$ দু'টি বিন্দু চার্জ 0.08m দূরে অবস্থিত।

ক. আধানের কোয়ান্টায়ন কাকে বলে?

খ. দুটি বলরেখা কখনো পরস্পরকে ছেদ করে না কেন ব্যাখ্যা ক

গ. এমন একটি অবস্থান বের কর যেখানে লব্ধি প্রাবল্য শূন্য হ

ঘ. q_1 চার্জটি q_2 কে কেন্দ্র করে একই দূরত্ব বজায় রেখে বৃত্ত পথে সর্বোচ্চ কত বেগে ঘুরতে পারবে যাতে q_1 ও q_2 চার্জ একত্রিত হয়ে না যায়—গাণিতিক মতামত দাও।

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর আধানের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, কেবলমাত্র $1.6 \times 10^{-19}C$ এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষ আধানের কোয়ান্টায়ন বলে।

খ দুটি বলরেখা কখনো পরস্পরকে ছেদ করে না। কারণ ছেদ করলে বিন্দুতে দুটি রেখার দুটি স্পর্শক দুটি ভিন্ন দিকে টানা যাবে, অর্থাৎ বিন্দুতে একটি ধনাত্মক পরখ চার্জ রাখা হলে তা দুটি ভিন্ন দিকে গতিশীল হবে বা তড়িৎ প্রাবল্যের দুটি দিক থাকবে, কিন্তু তা অসম্ভব। তাই দুটি বলরেখা কখনোই পরস্পরকে ছেদ করে না।

গ ৩৯(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** q_2 হতে ডানদিকে 0.193 m দূরে লব্ধি প্রাবল্য শূন্য হবে।

ঘ q_1 ও q_2 এর মধ্যবর্তী তড়িৎ বল,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1q_2}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6} \times (-5 \times 10^{-6})}{(0.08)^2}$$
$$= -70.3125\ N$$

এখানে,
q_1 ও q_2 এর দূরত্ব
$r = 0.08$ m
চার্জ, $q_2 = -5 \times 10^{-6}$ C
চার্জ, $q_1 = +10 \times 10^{-6}$ C
কুলম্বের ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
$= 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$
ধরি, q_1 চার্জের ভর m

সুতরাং বলের মান, F = 70.3125 N

বৃত্তাকার পথে v বেগে ঘুরলে কেন্দ্রমুখী বল,

$$\frac{mv^2}{r} = F$$

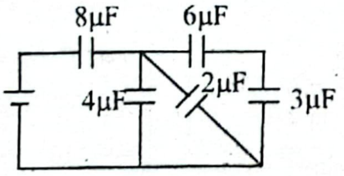
বা, $v = \sqrt{\frac{Fr}{m}} = \sqrt{\frac{70.3125 \times 0.08}{m}}$

$$= \left(\frac{2.37}{\sqrt{m}}\right) ms^{-1}$$

সুতরাং, বৃত্তাকার পথে সর্বোচ্চ $\left(\frac{2.37}{\sqrt{m}}\right) ms^{-1}$ বেগে ঘুরতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৩

নিচের বর্তনীতে E = 2.2 V



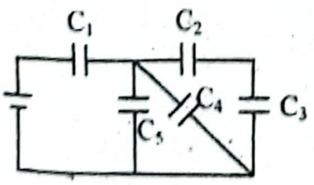
ক. বিন্দু আধান কাকে বলে? ১
খ. ধারকের ধারকত্ব এর জ্যামিতিক আকারের উপর নির্ভর করে। ব্যাখ্যা কর। ২
গ. বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে 2μF ও 3μF ধারকে সঞ্চিত শক্তির তুলনা কর। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব ছোট হয় তবে তাদেরকে বিন্দু আধান বলে।

খ ধারকের ধারকত্ব তার জ্যামিতিক আকৃতির উপর নির্ভর করে। সমান্তরাল পাত ধারকের ক্ষেত্রে ধারকত্ব পাতের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে। পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল বেশি হলে ধারকত্ব বেশি হয়। আবার পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল কম হলে ধারকত্বও কম হয়। গোলাকার ধারকের ক্ষেত্রে ধারকত্ব গোলকের ব্যাসার্ধের উপর নির্ভর করে। গোলকের ব্যাসার্ধ বেশি হলে ধারকত্ব বেশি হয় এবং ব্যাসার্ধ কম হলে ধারকত্বও কম হয়।

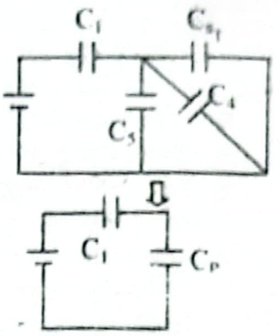
গ



এখানে,
ধারক পাঁচটি মান যথাক্রমে,
$C_1 = 8\ \mu F$
$C_2 = 6\ \mu F$
$C_3 = 3\ \mu F$
$C_4 = 2\ \mu F$
$C_5 = 4\ \mu F$

এখানে, C_2 ও C_3 শ্রেণিতে তাই,

তুল্য ধারকত্ব, $C_{s_1} = \left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right)^{-1}$
$$= \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{3}\right)^{-1}$$
$$= 2\ \mu F$$



C_5, C_{s_1} ও C_4 সমান্তরালে আছে।
তাই এদের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$C_p = C_5 + C_{s_1} + C_4 = 4 + 2 + 2 = 8\ \mu F$

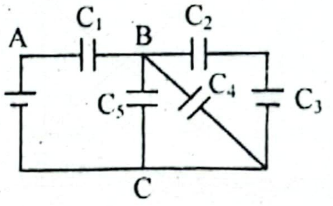
এখানে C_1 ও C_p শ্রেণিতে আছে। তাই এদের তুল্য ধারকত্ব

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_p}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{8}\right)^{-1} = 4\mu F\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই,

C_2 ও C_3 এর তুল্যধারকত্ব, $C_{S_1} = 2\mu F$
আবার, C_{s_1}; C_5, C_4 এর তুল্য ধারকত্ব, $C_p = 8\ \mu F$
মোট তুল্যধারকত্ব, $C_{eq} = 4\mu F$

এখানে,
ধারক পাঁচটি মান যথাক্রমে,
$C_1 = 8\ \mu F$
$C_2 = 6\ \mu F$
$C_3 = 3\ \mu F$
$C_4 = 2\ \mu F$
$C_5 = 4\ \mu F$
E = 2.2 V



C_1 ও C_p এর মধ্যে সঞ্চিত চার্জ Q হলে, $Q = C_{eq}E = (4 \times 10^{-6}) \times 2.2$
$= 8.8 \times 10^{-6}$ C

সুতরাং BC এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হলে, $Q = C_pV$

বা, $V = \frac{Q}{C_p} = \frac{8.8 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-6}} = 1.1\ V$

$C_4 = 2\ \mu F = 2 \times 10^{-6}$ F এর সঞ্চিত শক্তি,

$U_1 = \frac{1}{2}C_4V^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (1.1)^2 = 1.2 \times 10^{-6}\ J$

C_{s_1}-এ সঞ্চিত আধান, $Q' = C_{s_1} \times V$
$= 2 \times 10^{-6} \times 1.1$
$= 2.2 \times 10^{-6}$

$C_3 = 3\ \mu F = 3 \times 10^{-6}$ F এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$V_1 = \frac{Q'}{C_3} = \frac{2.2 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-6}} = \frac{11}{15}\ V$

সুতরাং, সঞ্চিত শক্তি $U_2 = \frac{1}{2}C_3{V_1}^2$
$$= \frac{1}{2} \times (3 \times 10^{-6}) \times \left(\frac{11}{15}\right)^2$$
$$= 8.1 \times 10^{-7}\ J$$

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{1.21 \times 10^{-6}}{8.1 \times 10^{-7}} = 1.5$

বা, $U_1 = 1.5\ U_2$

সুতরাং, 2μF এ সঞ্চিত শক্তি 3μF এ সঞ্চিত শক্তির 1.5 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫৮ **ঢাকা সিটি কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২**

একটি বর্গক্ষেত্রের বাহুর দৈর্ঘ্য 40 cm, তিনটি কৌণিক বিন্দুতে যথাক্রমে $6\mu C$, $8\mu C$ এবং $4\mu C$ মানের আধান স্থাপন করা হলো।

ক. তড়িৎ প্রাবল্য কী? ১

খ. ধারকের ধারকত্ব কোন কোন রাশির উপর নির্ভরশীল? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে কত আধান স্থাপন করলে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে? ৩

ঘ. শুধুমাত্র প্রথম দুটি আধানের উপস্থিতি বিবেচনা করে এদের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রবাল্য শূন্য হবে কিনা- গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করো। ৪

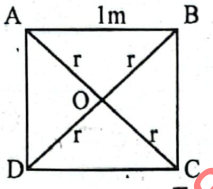
৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাই ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য।

খ কোনো সমান্তরাল পাত ধারকের ক্ষেত্রে ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon_0 KA}{d}$। যেখানে, A হলো সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল, d হলো পাত দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, K হলো ধারকের মধ্যবর্তী মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক এবং ϵ_0 হলো শূন্য মাধ্যমের ভেতন যোগ্যতা। এখানে, ϵ_0 একটি ধ্রুব রাশি এবং ধারকত্ব C এর মান নির্ভর করে A পাতের ক্ষেত্রফল, মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক এবং পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের ওপর।

গ ধরি, উদ্দীপক অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের কৌণিক বিন্দু A, B ও C তে স্থাপিত চার্জত্রয়—

যথাক্রমে $q_A = 6\mu C$, $q_B = 8\mu C$ ও $q_C = 4\mu C$



A, B, C, D থেকে O বিন্দুর দূরত্ব, $r = \frac{40\sqrt{2}}{2} = 20\sqrt{2}$ cm

মনে করি, D বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, Q হলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য হয়।

শর্তমতে,

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_A}{r} + \frac{q_B}{r} + \frac{q_C}{r} + \frac{Q}{r}\right) = 0$$

বা, $(q_A + q_B + q_C + Q) = 0$

বা, $Q = -q_A - q_B - q_C = -6 - 8 - 4 = -18\mu C$

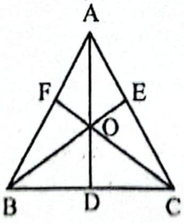
অর্থাৎ, D বিন্দুতে $-18\mu C$ মানের চার্জ স্থাপন করলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে। **(Ans.)**

ঘ ১৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: তড়িৎ প্রবাল্য শূন্য হবে না। এর মান হবে 4.5×10^5 NC^{-1}।

প্রশ্ন ▸ ৫৯ **সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৪**

0.1 C এর তিনটি চার্জকে ABC সমবাহু ত্রিভুজের তিনটি কৌণিক বিন্দুতে স্থাপন করা হলো। ত্রিভুজের বাহুর দৈর্ঘ্য 1 m। এখানে D বিন্দু BC এর মধ্যবিন্দু।



ক. গাউসের সূত্রটি লিখ। ১

খ. একটি সমান্তরাল পাত ধারকের মধ্যবর্তী ফাঁকা স্থান পরিবাহক দ্বারা পূর্ণ করলে ধারকত্বের কী ঘটবে? ২

গ. মধ্যমাত্রয়ের ছেদবিন্দু O তে মোট বিভব নির্ণয় করো।

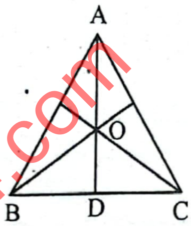
ঘ. যদি 1kW হারে শক্তি সরবরাহ করা হয় তবে A বিন্দুর চ D বিন্দুতে সরাতে কত সময় লাগবে?

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্র তড়িৎ ফ্লাক্সের ϵ_0 গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon A}{d}$। একটি আদর্শ পরিবাহকের তড়িৎভেদ্য ∞। কারণ একটি আদর্শ পরিবাহকের ভিতরে তড়িৎ ক্ষেত্র শূন্য যদি পাত দুটির মধ্যবর্তী ফাঁকা স্থান একটি আদর্শ পরিবাহক দ্বা করা হয়, তাহলে ধারকত্বের সূত্রে তড়িৎভেদ্যতা, ∈ অসীম হয়ে ফলে ধারকত্ব, C ও অসীম হয়ে যায়। বাস্তবিক ক্ষেত্রে, কোনো মা তড়িৎ ভেদ্যতা অসীম হতে পারে না। তবে, একটি ভালো পরিবা তড়িৎভেদ্যতা খুবই বেশি হয়, ফলে ধারকত্ব অনেক বেড়ে যায়। সু একটি সমান্তরাল পাত ধারকের মধ্যবর্তী ফাকা স্থান পরিবাহক পূর্ণ করলে ধারকত্ব অনেক অনেক বেড়ে যাবে।

গ



বাহুর দৈর্ঘ্য, AB = BC = AC = 1 m

এখানে, ΔABD এ

$\sin\angle B = \frac{AD}{AB}$

বা, $AD = AB \sin\angle B$

$= 1 \times \sin 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}$

এখানে,

সমবাহু ত্রিভুজে

$\angle A = \angle B = \angle C = 60°$

O ভরকেন্দ্র তাই $\frac{AO}{OD} = 2:1$

বা, $\frac{OD}{AO} = \frac{1}{2}$

বা, $\frac{AO + OD}{AO} = \frac{1+2}{2}$

বা, $AO = \frac{2}{3}AD$

চার্জ, $q_1 = q_2 = q_3 = q = 0.1$

শূন্য মাধ্যমে কুলম্ব ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon}$

$= 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

$\therefore AO = CO = BO = \frac{2}{3}AD = \frac{2}{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$ m

সুতরাং A, B ও C বিন্দুর চার্জ তিনটির জন্য O বিন্দুতে মোট বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_1}{AO} + \frac{q_2}{BO} + \frac{q_3}{CO}\right)$

$$= 9 \times 10^9 \times \left(\frac{0.1}{0.577} + \frac{0.1}{0.577} + \frac{0.1}{0.577}\right)$$

$= 4.679 \times 10^9$ V **(Ans.)**

ঘ

B ও C বিন্দুর চার্জের জন্য A বিন্দুতে বিভব V_A হলে,

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_2}{AB} + \frac{q_3}{CA}\right)$$

$$= 9 \times 10^9\left(\frac{0.1}{1} + \frac{0.1}{1}\right)$$

$= 1.8 \times 10^9$ V

এখানে,

আধান $q_1 = q_2 = q_3 = 0.1$ C

AB = BC = AC = 1 m

D, BC এর মধ্যবিন্দু।

তাই $BD = DC = \frac{BC}{2} = 0.5$

শূন্য মাধ্যমে কুলম্ব ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon}$

$= 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

ক্ষমতা, P = 1 KW = 1000

সময়, t = ?

B ও C বিন্দুর চার্জের জন্য D বিন্দুতে বিভব V_D হলে

$$V_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \left(\frac{q_2}{BD} + \frac{q_3}{DC}\right) = 9 \times 10^9\left(\frac{0.1}{0.5} + \frac{0.1}{0.5}\right)$$

$= 3.6 \times 10^9$ V

বিন্দুর চার্জ D বিন্দুতে সরাতে কৃতকাজ, $W = q_1 (V_D - V_A)$

$0.1 \times (3.6 \times 10^9 - 1.8 \times 10^9)$

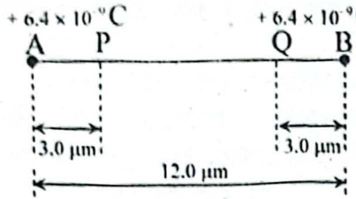
1.8×10^8 J

র, $W = Pt$ বা, $t = \frac{W}{P} = \frac{1.8 \times 10^8}{1000} = 1.8 \times 10^5 = 50$ ঘণ্টা

রাং, A বিন্দুর চার্জকে D বিন্দুতে সরাতে 50 ঘণ্টা সময় লাগবে।

প্রশ্ন ▸ ৬০ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৪

ও B বিন্দুতে $+ 6.4 \times 10^{-19}$C মানের দুইটি চার্জ চিত্রানুসারে 12.0 দূরত্বে অবস্থিত। P ও Q বিন্দু AB সরলরেখার উপর অবিস্থত যা ও B বিন্দু থেকে 3.0 μm দূরত্বে।



ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. শ্রেণি সমবায়ে ধারকের তুল্য মান কমে যায়— কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A বিন্দুতে অবস্থিত চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে PQ এর মধ্যবিন্দু থেকে P বিন্দুতে একটি ইলেকট্রন ও একটি টেস্ট চার্জ আনতে কৃতকাজের পরিমাণ সমান হবে কিনা— যথার্থতা যাচাই করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ শ্রেণি সমবায়ে ধারকের তুল্যমান কমে যায়। C_1 ও C_2 ধারকত্বের দুটি ধারককে শ্রেণি সংযোগে সাজালে তুল্য ধারকত্ব C_s হলে—

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \text{ বা, } \frac{1}{C_s} = \frac{C_2 + C_1}{C_1 C_2}$$

$$\therefore C_s = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \times C_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \times C_1$$

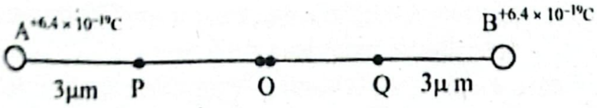
যেহেতু, $\frac{C_1}{C_1 + C_2} < 1$ এবং $\frac{C_2}{C_1 + C_2} < 1$

তাই, $C_s < C_1$ এবং $C_s < C_2$

সুতরাং, শ্রেণি সমবায়ে ধারকের তুল্যমান প্রত্যেকটি ধারকের চেয়ে কম হয়।

গ ৩৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.56×10^{-17} N।

ঘ এখানে, O, PQ এর মধ্যবিন্দু–



$PQ = AB - AP - BQ$

$= 12 - 3 - 3 = 6$ μm

সুতরাং, $PO = QO$

$= \frac{PQ}{2} = \frac{6}{2} = 3$μm

সুতরাং $AO = BO = r$

$= 3 + 3 = 6$ μm

$= 6 \times 10^{-6}$ m

এখানে,

টেস্ট চার্জ, $q' = +1C$

$q_1 = q_2 = +6.4 \times 10^{-19}$

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

$AB = 12.0$ μm $= 12 \times 10^{-69}$ m

ইলেকট্রনের চার্জ,

$e = -1.6 \times 10^{-9}$ C

A চার্জের জন্য O বিন্দুতে বিভব, $V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1}{r}$

B চার্জের জন্য O বিন্দুতে বিভব, $V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_2}{r}$

∴ O বিন্দুতে মোট বিভব $V = V_1 + V_2$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_2}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{(q_1 + q_2)}{r}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(6.4 \times 10^{-19} + 6.4 \times 10^{-19})}{6 \times 10^{-6}}$$

$$= 1.92 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$AP = r = 3.0$ μm $= 3 \times 10^{-6}$ m এবং $PB = 3 + 6 = 9$ μm

বা, $PB = r_2 = 9 \times 10^{-6}$ m

A চার্জের জন্য P বিন্দুতে বিভব, $V_1' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1}{r_1}$

B চার্জের জন্য P বিন্দুতে বিভব, $V_2' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_2}{r_2}$

সুতরাং P বিন্দুতে মোট বিভব, $V' = V_1' + V_2'$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right)$$

বা, $V' = 9 \times 10^9 \times \left(\frac{6.4 \times 10^{-19}}{3 \times 10^{-6}} + \frac{6.4 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-6}}\right)$

$= 2.56 \times 10^{-3}$ V

O বিন্দু থেকে ইলেকট্রন P বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ

$W_1 = e \times (V' - V)$

$= -1.6 \times 10^{-19} \times (2.56 \times 10^{-3} - 1.92 \times 10^{-3})$

$= -1.024 \times 10^{-22}$ J

O বিন্দুতে থেকে টেস্ট চার্জ P বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ,

$W_2 = q' \times (V' - V)$

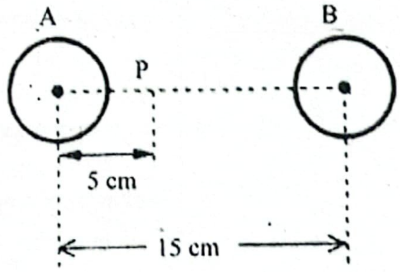
$= 1(2.56 \times 10^{-3} - 1.92 \times 10^{-3}) = 6.4 \times 10^{-4}$ J

এখানে, $W_1 \neq W_2$

সুতরাং, উদ্দীপক অনুসারে PQ এর মধ্যবিন্দু থেকে P বিন্দুতে একটি ইলেকট্রন ও একটি টেস্ট চার্জ আনতে কৃতকাজের পরিমাণ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৬১ সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

সমান ব্যাসার্ধের দুটি গোলক A ও B শূন্যস্থানে পরস্পর থেকে 15 cm দূরে অবস্থিত। A গোলকে চার্জ $+ 3 \times 10^{-12}$ C এবং B গোলকে চার্জ $+ 12 \times 10^{-12}$ C আছে।



ক. তড়িৎ ফ্লাক্স কী? ১

খ. কোন কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 1.5 V বলতে কী বুঝ? ২

গ. P বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. P বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হতে পারে কি ? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে যুক্তি উপস্থাপন করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তল বা ক্ষেত্রের মধ্যে দিয়ে উল্লম্বভাবে অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যাই হলো তড়িৎ ফ্লাক্স।

খ কোনো কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 1.5 V বলতে বোঝায় 1C আধানকে ঐ কোষ সমেত কোন বর্তনীর একবিন্দু হতে একবার সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে 1.5 J কাজ সম্পন্ন হয়।

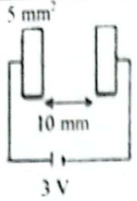
মুক্ত অবস্থায় অর্থাৎ যখন কোন তড়িৎপ্রবাহ চলে না তখন কোষটির দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য হবে 1.5V।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.62 V

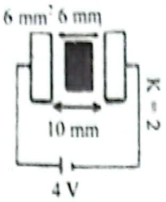
ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: P বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য, E = 0।

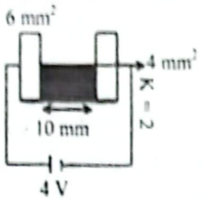
প্রশ্ন ▶ ৬২ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ❙ প্রশ্ন নং ২



চিত্র-১



চিত্র-২



চিত্র-৩

ক. তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রটি লিখ। ১

খ. টাংস্টেনের রোধের উষ্ণতা সহগ $4.25 \times 10^{-3}\,°C^{-1}$ বলতে কী বুঝায়? ২

গ. ১নং চিত্রের ধারকের সঞ্চিত শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ২ ও ৩নং চিত্রের ধারকত্ব একই হবে কিনা– গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ টাংস্টেনের রোধের উষ্ণতা সহগ $4.25 \times 10^{-3}\,°C^{-1}$ বলতে বুঝায় যে, 0°C তাপমাত্রায় একক রোধবিশিষ্ট টাংস্টেন তারের তাপমাত্রা প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস বৃদ্ধিতে এর রোধ $4.25 \times 10^{-3}\,\Omega$ বৃদ্ধি পায়।

গ ১৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 1.992×10^{-14} J।

ঘ ২নং চিত্রের ক্ষেত্রে,

ধারকত্ব, $C = \dfrac{\epsilon_0 A}{\left[d - t\left(1 - \frac{1}{k}\right)\right]}$

$= \dfrac{8.854 \times 10^{-12} \times 6 \times 10^{-6}}{\left[0.01 - 6 \times 10^{-3}\left(1 - \frac{1}{2}\right)\right]}$

$= 7.589 \times 10^{-15}$ F

এখানে,
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 10$ mm $= 0.01$ m
পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল, $A = 6\ \text{mm}^2$
$= 6 \times 10^{-6}\ \text{m}^2$
পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, $K = 2$
শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}\ m^{-2}$
পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমের পুরুত্ব,
$t = 6$ mm $= 6 \times 10^{-3}$ m

৩ নং চিত্রের ক্ষেত্রে,

দুটি ধারক সমান্তরালে কাজ করবে।

সুতরাং, $C_1 = \dfrac{\epsilon_0 A_1}{d} = \dfrac{8.854 \times 10^{-12} \times (6-4) \times 10^{-6}}{0.01}$

$= 1.77 \times 10^{-15}$ F

এবং $C_2 = \dfrac{\epsilon_0 K A_2}{d} = \dfrac{8.854 \times 10^{-12} \times 2 \times 4 \times 10^{-6}}{0.01}$

$= 7.08 \times 10^{-15}$ F

এখন, তুল্য ধারকত্ব,

$C' = C_1 + C_2$

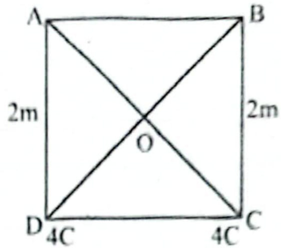
$= 1.77 \times 10^{-15} + 7.08 \times 10^{-15}$

$= 8.85 \times 10^{-15}$ F

এখানে, $C' \neq C$

সুতরাং ২ ও ৩ নং চিত্রের ধারকত্ব একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ সরকারি সারদা সুন্দরী মহিলা কলেজ, ফরিদপুর ❙ প্রশ্ন



চিত্রানুযায়ী বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র O-তে 2μC চার্জে চার্জিত 12kg একটি ধাতব গোলক রাখা হলো।

ক. তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্রটি বিবৃত করো।

খ. "জগতের তাপীয় মৃত্যুর কারণ তাপীয় সাম্যবস্থা"— ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকের O বিন্দুতে মোট বিভব কত?

ঘ. ধাতব গোলকটি সাম্যবস্থায় রাখতে কী পরিমাণ বল কোনদিকে প্রয়োগ করতে হবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা কখনোই সম্ভব নয়, যার পূর্ণ আবর্তনে কেবল একটি তাপীয় উৎস হতে তাপ সংগৃহীত হবে এবং অন্যত্র কোনো পরিবর্তন ব্যতীত সংগৃহীত তাপের সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত করা যাবে।

খ সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তন সর্বদা সাম্যাবস্থার দিকে ধাবিত হয় অর্থাৎ সকল স্বতঃস্ফূর্ত পরিবর্তনে এনট্রপি বৃদ্ধি পায়। আমাদের চারপাশ যা কিছু আছে অর্থাৎ প্রকৃতির সকল বস্তুই সাম্যাবস্থা পেতে চায়। এজন্যই পৃথিবীর এনট্রপি বাড়ছে এবং অসীমের দিকে ধাবিত হচ্ছে।

এন্ট্রপির বৃদ্ধি যখন সর্বোচ্চ মানে পৌছাবে তখন সবকিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে ফলে তাপশক্তি আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হবে না এই অবস্থাকে জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে। অর্থাৎ তাপীয় সাম্যাবস্থার কারণেই জগতের তাপীয় মৃত্যু হয়।

গ ২৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ধাতব গোলকটিকে সাম্যাবস্থায় রাখতে 50882.4 N মানের বল নিচের দিকে প্রয়োগ করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ ❙ প্রশ্ন নং

ABC সমবাহু ত্রিভুজের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য 12 cm। বিন্দু তিনটিতে যথাক্রমে -4×10^{-8}C, 3×10^{-8}C, 5×10^{-8} C চার্জ স্থাপন করা হলো।

ক. ধারকত্ব কাকে বলে?

খ. কোন ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য কিন্তু বিভবের মান পৃষ্ঠের বিভবের সমান কেন? ব্যাখ্যা করো।

গ. -4×10^{-8} C চার্জ না থাকলে A বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করো।

ঘ. ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দুতে চার্জগুলোর অবস্থান একই ক্রমে পারস্পরিক পরিবর্তন করলে ভরকেন্দ্রের বিভবের পরিবর্তন গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক বিভব পার্থক্যে কোনো ধারক যে পরিমাণ চার্জ ধারণ করে তাকে ঐ ধারকের ধারকত্ব বলে।

খ কোনো চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ থাকে না সমস্ত চার্জ অবস্থান করে এর পৃষ্ঠে। তড়িৎ বল রেখা নির্গত হয় পৃষ্ঠ থেকে, তাই বলা যায় চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে কোনো বল রেখা থাকে না। এজন্য চার্জিত পরিবাহী গোলকের ক্ষেত্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব V_0 এবং পৃষ্ঠের বিভব V পৃষ্ঠ ও গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুর বিভব পার্থক্য $V - V_0$। জানি,

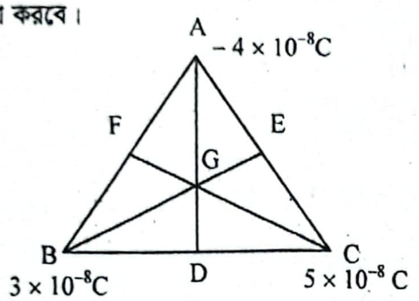
পার্থক্য = প্রাবল্য × দূরত্ব

$V - V_0 = 0$ [গোলকের অভ্যন্তরে চার্জ না থাকায় প্রাবল্য $E = 0$]

$V = V_0$

গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব পৃষ্ঠের বিভবের

৩১(গ) ও (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 43750 এবং 5×10^{-8} C চার্জের জন্য সৃষ্ট প্রাবল্যের দিকের সাথে 4.79° ক্রিয়া করবে।



এখানে,
A বিন্দুর চার্জ, $q_A = -4 \times 10^{-8}$C
B বিন্দুর চার্জ, $q_B = 3 \times 10^{-8}$ C
C বিন্দুর চার্জ, $q_C = 5 \times 10^{-8}$ C
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}
বাহুর দৈর্ঘ্য, a = 12 cm

$\angle B = \angle C = 60°$

$D = AB \sin 60°$

$= 12 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 6\sqrt{3}$ cm

$G = BG = CG =$

$= \frac{2}{3}\ AD = \frac{2}{3} \times 6\sqrt{3}$

$= 4\sqrt{3}$ cm = 6.93 cm

= 0.0693 m

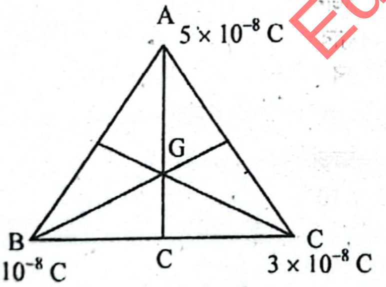
অবস্থায় G বিন্দুতে মোট বিভব,

$$= V_A + V_B + V_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} \times (q_A + q_B + q_C)$$

$$= \frac{9 \times 10^9}{0.0693} \times (-4 \times 10^{-8} + 3 \times 10^{-8} + 5 \times 10^{-8})$$

$$= 5196.15 \text{ V}$$

জের শীর্ষবিন্দুগুলোতে একই ক্রমে চার্জগুলোর মান পরিবর্তন করলে রূপ হবে।



$q_A' = 5 \times 10^{-8}$, $q_B' = -4 \times 10^{-8}$, $q_C' = 3 \times 10^{-8}$

G বিন্দুতে নতুন বিভব V' হলে,

$$= V_A' + V_B' + V_C'$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} \times (q_A' + q_B' + q_C')$$

$$= \frac{9 \times 10^9}{0.0693} \times (5 \times 10^{-8} - 4 \times 10^{-8} + 3 \times 10^{-8}) = 5196.15\text{V}$$

বিভবের পরিবর্তন, $\Delta V = V' - V = 5196.15 - 5196.15 = 0$ V

ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দুতে চার্জগুলোর অবস্থান একই ক্রমে পারস্পরিক করলে ভরকেন্দ্রে বিভবের কোনো পরিবর্তন হবে না।

৬৫ সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর I প্রশ্ন নং 8

C একটি সমবাহু ত্রিভুজের বাহুর দৈর্ঘ্য 3cm। প্রথমে ত্রিভুজের A তে 100 μC চার্জ রাখা হল। অত:পর B বিন্দুতে −100μC চার্জ হলো।

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে? ১
খ. ধারকের ধারকত্ব কীভাবে বৃদ্ধি করা যায়? ২
গ. প্রথম ক্ষেত্রে C বিন্দুতে বিভব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. B বিন্দুতে চার্জটি রাখার আগে ও পরে C বিন্দুতে প্রাবল্যের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। 8

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ দ্বিমেরুর যে কোন একটি চার্জের মান এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে দ্বি মেরু ভ্রামক বলে।

খ আমরা জানি, সমান্তরাল পাত ধারকের

ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon A}{d}$

যেখানে A = পাতদ্বয়ের যেকোনো একটির ক্ষেত্রফল,
d = পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
∈ = পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী পদার্থের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা

সুতরাং ধারকের ধরকত্ব বৃদ্ধির জন্য–

1. পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করা যেতে পারে।
2. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব হ্রাস করা যেতে পারে।
3. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী জায়গায় অধিক তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা বিশিষ্ট ডাই-ইলেকট্রিক পদার্থ ব্যবহার করা যেতে পারে।

গ আমরা জানি,

তড়িৎ বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_A}{r}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{100 \times 10^{-6}}{0.03}$

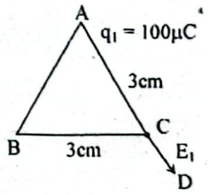
$= 3 \times 10^7$ V

এখানে,
A বিন্দুর চার্জ
$q_A = 100\ \mu$C
$= 100 \times 10^{-6}$ C
AC বাহুর দৈর্ঘ্য,
r = 3 cm = 0.03 m

∴ প্রথম ক্ষেত্রে C বিন্দুতে বিভব হবে 3×10^7 V। **(Ans.)**

ঘ **B বিন্দুতে চার্জ রাখার আগে,**

A বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুর প্রাবল্য,

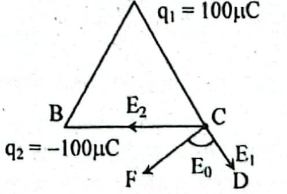


$E = C\frac{q_1}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-4}}{(0.03)^2}$

$= 1 \times 10^9$ NC^{-1} [CD বরাবর]

B বিন্দুতে চার্জ রাখার পরে,



এখানে,
বাহুর দৈর্ঘ্য, AB = BC = AC
= r = 3cm = 0.03 m
A বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 100\ \mu$C
$= 10^{-4}$C
B বিন্দুর চার্জ, $q_2 = -100\ \mu$C
$= -10^{-4}$C
কুলম্ব ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

A বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুর প্রাবল্য, $E_1 = E = 1 \times 10^9$ NC^{-2} [CD বরাবর]

B বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুর প্রাবল্য,

$E_2 = C\frac{q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-4}}{(0.03)^2} = 1 \times 10^9$ NC^{-1} [CB বরাবর]

এখানে, $E_1 = E_2$

E_1 ও E_2 এর মধ্যবর্তী কোণ $\angle BCD = \theta = (180° - 60°) = 120°$

E_1 ও E_2 এর লব্ধি প্রাবল্য,

$$E' = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\theta}$$
$$= \sqrt{E_1^2 + E_1^2 + 2E_1^2 \times \cos 120°}$$
$$= \sqrt{E_1^2 + E_1^2 + 2E_1^2 \times \cos 120°}$$
$$= \sqrt{E_1^2 + E_1^2 + 2E_1^2 \times \left(-\frac{1}{2}\right)}$$
$$= \sqrt{E_1^2} = E_1 = 1 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$$

যেহেতু, $E_1 = E_2$ তাই লব্ধি প্রাবল্য E' এর দিক ∠BCD এর সমদ্বিখণ্ডক CF বরাবর এবং $\theta' = \frac{\theta}{2} = \frac{120°}{2} = 60°$

∴ B বিন্দুতে চার্জটি রাখার আগে ও পরে C বিন্দুর প্রাবল্যের মান একই থাকলেও প্রাবল্যের দিক পরিবর্তিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর ▌প্রশ্ন নং ৭

সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল 1.65 বর্গ মিটার। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 সে.মি.। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যম হলো বায়ু এবং পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য [illegible]V।

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ধারকের ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমকে যদি 2.8 ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক বিশিষ্ট অন্য মাধ্যম দ্বারা প্রতিস্থাপন করলে সঞ্চিত শক্তির পরিবর্তন কত হবে? গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে যা গঠিত হয় তাই তড়িৎ দ্বিমেরু।

খ পৃথিবীর বিভব শূন্য নিম্নে ব্যাখ্যা করা হলো—

পৃথিবী একটি অতিকায় গোলক। পৃথিবীর সুবিশাল আকৃতির জন্য এতে অল্প পরিমাণ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান প্রবেশ করলে বা অল্প পরিমাণ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান সরিয়ে নিলেও এর বিভব এর কোনো পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ পৃথিবীর বিভব একটি ধ্রুব সংখ্যা। পরিমাপের সুবিধার জন্য পৃথিবীর এ ধ্রুব তড়িৎ বিভবকে শূন্য ধরা হয়।

তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 7.3×10^{-10} F

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: পূর্বের সঞ্চিত শক্তি, $U_1 = 1.315 \times 10^{-6}$ J, অন্য মাধ্যম দ্বারা প্রতিস্থাপনের পর সঞ্চিত শক্তি, $U_2 = 3.68 \times 10^{-6}$ J। সঞ্চিত শক্তি বৃদ্ধি পায় $(U_2 - U_1) = 10^{-6} \times (3.68 - 1.315) = 2.366 \times 10^{-6}$ J।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ রাজশাহী কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২

ABC সমবাহু ত্রিভুজের শীর্ষ বিন্দুতে যথাক্রমে $-4q$, $2q$ এবং $2q$ চার্জ স্থাপন করা আছে। ত্রিভুজের কেন্দ্র বিন্দুতে একটি ধনাত্মক 1 coul চার্জ স্থাপন করা হলে এটি A শীর্ষ বিন্দুর দিকে গতিশীল হয়। ত্রিভুজের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য 10 cm এবং $q = 1.0 \times 10^{-7}$ coul.

ক. তড়িৎ কোষ কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ বলরেখাগুলো পরস্পরকে ছেদ করে না কেন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো। ৩

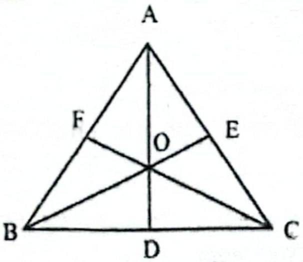
ঘ. A শীর্ষ বিন্দুর চার্জের কীরূপ পরিবর্তন করলে কেন্দ্রে স্থাপিত চার্জটি স্থির থাকবে, তা গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্রের সাহায্যে রাসায়নিক শক্তি থেকে নিরবচ্ছিন্নভাবে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় তাকে তড়িৎ কোষ বলে।

খ তড়িৎ বলরেখাগুলো পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং দৈর্ঘ্য বরাবর সংকুচিত হতে চায়। দুটি বলরেখা যদি পরস্পরকে কোনো বিন্দুতে ছেদ করে তাহলে ছেদবিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতার দুটি দিক থাকবে যা অসম্ভব। একারণে এটা সুস্পষ্ট যে, দুটি বলরেখা কখনো পরস্পরকে ছেদ করে না।

গ এখানে, ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দু হিসেবে ভরকেন্দ্র বিবেচনা করি।



ABC সমবাহু ত্রিভুজ। তাই,

এখানে,
$q = 1 \times 10^{-7}$ coul
A, B ও C বিন্দুতে চার্জ যথাক্রমে,
$q_A = -4q = -4 \times 10^{-7}$ coul
$q_B = 2q = 2 \times 10^{-7}$ coul
$q_C = 2q = 2 \times 10^{-7}$ coul
ত্রিভুজের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য,
$a = 10$ cm $= 0.1$ m

$\angle A = \angle B = \angle C = 60°$

$$\therefore AD = AB \sin 60° = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ cm}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

এখানে, AD = BE = CF

তাই O বিন্দুটি হবে ত্রিভুজের ভরকেন্দ্র.

সুতরাং, $AO = \frac{2}{3} AD = \frac{2}{3} \times 5\sqrt{3} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5.77 \text{ cm} = 0.0577$

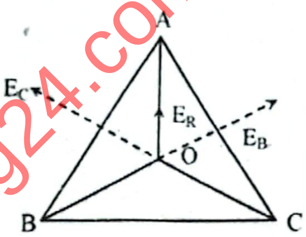
$\therefore AO = BO = CO = r = 0.577$ m

O বিন্দুতে মোট বিভব,

$$V = V_A + V_B + V_C$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_A}{AO} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_B}{BO} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_C}{CO}$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \left(\frac{-4 \times 10^{-7}}{0.0577} + \frac{2 \times 10^{-7}}{0.0577} + \frac{2 \times 10^{-7}}{0.0577}\right)$$
$$= \frac{9 \times 10^9}{0.0577} \times (-4 \times 10^{-7} + 4 \times 10^{-7})$$
$$= \frac{9 \times 10^9}{0.0577} \times 0 = 0 \text{ V } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই,

AO = BO = CO = r = 0.0577 m



এখানে,
$q = 1 \times 10^{-7}$ coul
$q_B = q_C = 2q = 2 \times 10^{-7}$ co
কুলম্ব ধ্রুবক,
$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$ Nm²C⁻²
এবং $q_A = -4 \times 10^{-7}$ coul

এখন, O বিন্দুতে B ও C বিন্দুর চার্জের জন্য তড়িৎ প্রাবল্য

$$E_B = E_C = E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_B}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-7}}{(0.0577)^2}$$
$$= 5.41 \times 10^5 \text{ NC}^{-1}$$

এখানে, $\angle OBC = \angle OCB = \frac{60°}{2} = 30°$

সুতরাং, $\angle BOC = \alpha = 180 - 30 - 30° = 120°$

α হলো E_B ও E_C এর মধ্যবর্তী কোণ।

সুতরাং লব্ধি প্রাবল্য, $E_R = 2E \cos\frac{\alpha}{2}$

$$= 2 \times 5.41 \times 10^5 \times \cos\frac{120}{2}$$
$$= 5.41 \times 10^5 \text{ NC}^{-1}$$

ধরি, A′ বিন্দুর চার্জ q′। তাহলে q′ চার্জের কারণে O বিন্দুতে প্রাবল্য

$$E' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q'}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{q'}{(0.0577)^2}$$

O বিন্দুতে চার্জটি স্থির থাকতে হলে এর উপর লব্ধি প্রাবল্য শূন্য হ হবে।

অর্থাৎ, $E' = E_R$ হতে হবে

$$9 \times 10^9 \times \frac{q'}{(0.0577)^2} = 5.41 \times 10^5$$

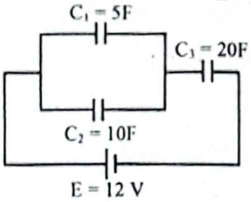
বা, $q' = 2 \times 10^{-7}$ coul

A বিন্দুর চার্জের পরিবর্তন, $\Delta q = q' - q_A$
$$= 2 \times 10^{-7} - (-4 \times 10^{-7})$$
$$= 6 \times 10^{-7} \text{ coul}$$

সুতরাং A শীর্ষ বিন্দুর চার্জ পূর্বের তুলনায় 6×10^{-7} Coul বৃদ্ধি কর ত্রিভুজের কেন্দ্রে স্থাপিত 1 coul চার্জটি স্থির থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ রাজশাহী কলেজ I প্রশ্ন নং ৩

$C_1 = 5F$, $C_2 = 10F$ এবং $C_3 = 20F$ এর তিনটি ধারককে চিত্রের মতো সাজিয়ে 12V এর একটি কোষের সাথে যুক্ত করা হলো।



ক. তড়িৎ ক্ষেত্র কাকে বলে? ১

খ. 'চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য'— গাউসের সূত্রানুসারে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. C_3 ধারকের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ধারক তিনটিকে কিভাবে সাজালে সঞ্চিত শক্তি সর্বাধিক হবে গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি আহিত বস্তুর চারিদিকে যে অঞ্চল ব্যাপী তার প্রভাব বজায় থাকে অর্থাৎ অন্য কোনো আহিত বস্তু আনা হলে সেটি আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল লাভ করে সেই অঞ্চলকে প্রথমোক্ত আহিত বস্তুর তড়িৎক্ষেত্র বলে।

খ কোনো চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ থাকে না, সমস্ত চার্জ অবস্থান করে এর পৃষ্ঠে। তড়িৎ বল রেখা নির্গত হয় চার্জ থেকে, তাই বলা যায় চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে কোনো বল রেখা থাকে না। এজন্য চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ C_1 ও C_2 সমান্তরালে। তাই এদের

তুল্য ধারকত্ব, $C_p = C_1 + C_2$

$= 5 + 10 = 15\ F$

C_p ও C_3 শ্রেণিতে। তাই এদের

তুল্য ধারকত্ব, $C_S = \left(\frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_3}\right)^{-1}$

এখানে,
ধারকত্রয়ের ধারকত্ব,
$C_1 = 5\ F$
$C_2 = 10\ F$
$C_3 = 20\ F$
কোষ বিভব, $E = 12\ V$

$$= \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{20}\right)^{-1} = \frac{60}{7}\ F$$

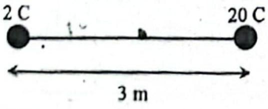
আবার, ধারকগুলোতে সঞ্চিত মোট চার্জ, $Q = C_sE = \frac{60}{7} \times 12$

$\therefore$ C_3 ধারকের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য, $V_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{\frac{60}{7} \times 12}{20}$

$= 5.143\ V$ **(Ans.)**

ঘ ৫(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ধারক তিনটিকে সমান্তরালে সাজালে সঞ্চিত শক্তি সর্বাধিক হবে। এক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি 2520 J।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর I প্রশ্ন নং ৬



ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে? ১

খ. সমান্তরাল ধারকের ধারকত্ব কীভাবে বৃদ্ধি করা যায়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের চিত্রের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ বিভবের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 2C আধান হতে কত দূরত্বে চার্জ দুটির তড়িৎ প্রাবল্য সমান হবে? বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অসীম দূরত্ব হতে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ধনাত্মক চার্জ আনতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।

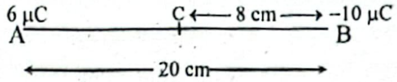
খ সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon_0 KA}{d}$

সূত্রটি থেকে দেখা যায় যে, ধারকত্ব, মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক K, পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল A ও পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব d এর উপর নির্ভর করে। মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক ও পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল বাড়িয়ে এবং পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব কমিয়ে সমান্তরাল ধারকের ধারকত্ব বাড়ানো যায়।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $1.32 \times 10^{11}\ V$

ঘ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2 C আধান হতে 20 C আধানের দিকে 0.72 m দূরত্বে চার্জ দুটির তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭০ কুমিল্লা ভিক্টোরিয়া সরকারি কলেজ I প্রশ্ন নং ২



ক. তড়িৎ ফ্লাক্স কী? ১

খ. 1F ধারকত্ব বিশিষ্ট পরিবাহী তৈরি করা অসম্ভব কেন? ২

গ. উদ্দীপকে – 10 μC চার্জকে B বিন্দু হতে C বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে চার্জদ্বয়ের সংযোগ রেখার কোন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তল বা ক্ষেত্রের মধ্যে দিয়ে উল্লম্বভাবে অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যাই তড়িৎ ফ্লাক্স।

খ 1 F ধারকত্ব বিশিষ্ট পরিবাহী তৈরি করা অসম্ভব। কারণ 1 F ধারকত্ব অনেক বড় একটি মান। পরিবাহীটি যদি গোলাকার হয় তবে গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 r$। 1 ফ্যারাড ধারকত্বের জন্য পরিবাহীটির ব্যাসার্ধ হবে,

$$r = \frac{C}{4\pi\epsilon_0} = \frac{1}{\frac{1}{9 \times 10^9}} = 9 \times 10^9\ m$$

এই মান অত্যন্ত বড় যা পৃথিবীর ব্যাসার্ধের চেয়েও বেশি। সুতরাং 1 ফ্যারাড ধারকত্ব বিশিষ্ট পরিবাহী তৈরি করা সম্ভব নয়।

গ

A বিন্দুর চার্জের জন্য B বিন্দুতে বিভব,

$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{r_1}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6}}{0.2}$

$= 2.7 \times 10^5\ V$

A বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুতে বিভব

এখানে,
A বিন্দুতে চার্জ, $q_A = 6\ \mu C$
$= 6 \times 10^{-6}\ C$
B বিন্দুতে চার্জ, $q_B = -\ 10\ \mu C$
$= -\ 10 \times 10^{-6}\ C$
$AB = r_1 = 20\ cm = 0.2\ m$
$BC = 8\ cm = 0.08\ m$
$AC = r_2 = AB - BC = 20 - 8$
$= 12\ cm = 0.12\ m$
কুলম্ব ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

$V_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_A}{r_2}$

$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_A}{r_2}$

$= 9 \times 10^9 \left(\frac{6 \times 10^{-6}}{0.12}\right)$

$= 4.5 \times 10^5\ V$

$-10\ \mu C$ চার্জকে B বিন্দু হতে C বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ,

$W = q_B\,(V_C - V_B)$

$= -\ 10 \times 10^{-6} \times (4.5 \times 10^5 - 2.7 \times 10^5)$

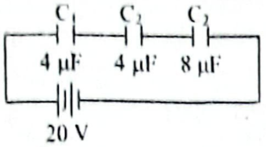
$= 1.8\ J$ **(Ans.)**

ঘ ৩৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A চার্জের বাম দিকে 68.73 cm দূরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭১ ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষ্মীপুর ▌ প্রশ্ন নং ৩

নিচে একটি তড়িৎ বর্তনী দেখানো হলো—



ক. ধারক কী? ১

খ. সমবিভব তলে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না কেন? ২

গ. সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পেতে উদ্দীপকের সমবায়টির কী রকমের পরিবর্তন প্রয়োজন-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক ব্যবস্থাই হলো ধারক।

খ কোনো তল যদি এরূপ হয় যে, তার সর্বত্র বিভব সমান তবে ঐ তলকে সমবিভব তল বলে।

যেহেতু একটি সমবিভব তলের যে কোনো দুইটি বিন্দুর বিভব সমান, ফলে ঐ তলের যে কোনো দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য শূন্য। আমরা জানি, কোনো পরিবাহকের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের জন্য বিভব পার্থক্য থাকা প্রয়োজন। সমবিভব তলে বিভব পার্থক্য শূন্য বিধায় তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না।

গ C_1, C_2, C_3 ধারকগুলো শ্রেণি সংযোগে থাকায় তাদের তুল্য ধারকত্ব C হলে,

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3} \text{ বা, } \frac{1}{C}=\frac{1}{4}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C}=\frac{5}{8} \text{ বা, } C=\frac{8}{5}\,\mu F=1.6\times10^{-6}\,F$$

সুতরাং, সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তি,

$$U=\frac{1}{2}CV^2$$

$$=\frac{1}{2}\times1.6\times10^{-6}\times20^2$$

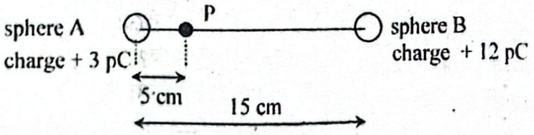
$$=3.2\times10^{-4}\,J\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
বিভব পার্থক্য, $V = 20$ V
সঞ্চিত শক্তি, $U = ?$

ঘ ৫(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** সর্বাধিক সঞ্চিত হবে 3.2×10^{-3} J, যা পেতে ধারকগুলোকে সমান্তরাল সমবায়ে সাজাতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭২ ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষ্মীপুর ▌ প্রশ্ন নং ৭

সমান ব্যাসার্ধের দুটি ক্ষুদ্র ধাতব গোলক A ও B শূন্যস্থানে পরস্পর থেকে 15 cm দূরে অবস্থিত। A গোলকে চার্জ $+3\times10^{-12}$C এবং B গোলকে চার্জ $+12\times10^{-12}$C আছে।



ক. এক ফ্যারাডে কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. P বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. P বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য হতে পারে কী? গাণিতিক যুক্তি বিশ্লেষণ করে যুক্তি উপস্থাপন কর। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

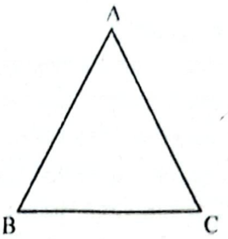
ক 96500 C চার্জকে এক ফ্যারাডে বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় এ পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তা রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়

গ ১৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.62 V।

ঘ ১৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** P বিন্দুতে প্রাবল্য $E = 0$।

প্রশ্ন ▸ ৭৩ আশুগঞ্জ সার কারখানা কলেজ, ব্রাহ্মণবাড়িয়া ▌ প্রশ্ন নং



ABC একটি সমবাহু ত্রিভুজ যেখানে AB = BC = CA = 2m
B বিন্দুতে চার্জ $q_1 = 3\times10^{-19}$ C
C বিন্দুতে চার্জ $q_2 = 3\times10^{-19}$ C

ক. ইলেকট্রন ভোল্ট কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর আধান 2×10^{-19}C হতে পারে না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A বিন্দুতে বিভবের মান কত? ৩

ঘ. A বিন্দুতে 2kg ভরের একটি বস্তু ঝুলিয়ে রাখতে হলে কী বৈদ্যুতিক ব্যবস্থা নিতে হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

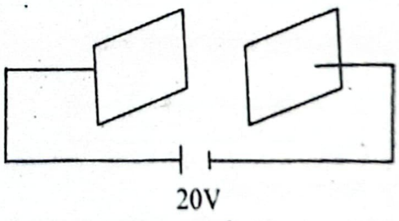
ক এক ভোল্ট বিভব পার্থক্যের এক বিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে একটি ইলেকট্রন নিতে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

খ একটি ইলেক্ট্রন বা প্রোটনের আধানই হলো প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ন্যূনতম মানের আধান। একটি ইলেক্ট্রনের আধানকে ($-$ e) এবং প্রোটনের আধানকে (+ e) দ্বারা চিহ্নিত করা যায় যার মান, $e = 1.6\times10^{-19}$C। অর্থাৎ কোনো বস্তুর আধান অবশ্যই 1.6×10^{-19}C মানের পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক হবে। এখন বস্তুর আধান 2×10^{-19}C এর ক্ষেত্রে $\frac{2\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}}$ = 1.25 যা সম্ভব নয়। একারণেই কোনো বস্তুর আধান 2×10^{-19}C হতে পারে না।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.35×10^{-9} V।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বস্তুটিকে + 1.67 $\times10^{10}$ C চার্জে চার্জিত করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৪ চট্টগ্রাম কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ২



চিত্রে প্রতি পাতের ক্ষেত্রফল 25 cm^2 এবং এদেরকে বায়ু মাধ্যমে পরস্পর হতে 6 cm দূরে রেখে একটি ধারক তৈরী করা হলো। পরবর্তীতে একই ধরনের দুটি পাত পূর্বের পাত দুটির মাঝে সমদূরত্বে স্থাপন করলে, সৃষ্ট ধারকের মাঝের এক তৃতীয়াংশ অভ্র দ্বারা (k = 7) পূর্ণ করা হলো।

ক. কোনো মাধ্যমের তড়িৎ ভেদ্যতা কাকে বলে? ১

খ. চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে তড়িৎ প্রাবল্যের মান ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রাথমিক অবস্থায় চার্জের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ধারকটির শক্তি হ্রাস না বৃদ্ধি পাবে—পরবর্তী ঘটনার আলোকে গাণিতিক যুক্তি ব্যাখ্যা কর। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যম যে নির্দিষ্ট মাত্রার তড়িৎ তীব্রতা পর্যন্ত বিদ্যুৎ পরিবাহিতা প্রতিরোধ করতে পারে, সেই সর্বোচ্চ তড়িৎ তীব্রতাকে ঐ মাধ্যমের তড়িৎ ভেদ্যতা বলে।

খ কোনো চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ থাকে না, সমস্ত চার্জ অবস্থান করে এর পৃষ্ঠে। তড়িৎ বল রেখা নির্গত হয় চার্জ থেকে, তাই বলা যায় চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে কোনো বল রেখা থাকে না। এজন্য চার্জিত পরিবাহী গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্যের মান শূন্য হয়।

গ ২৮(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 7.378×10^{-12} C।

ঘ 'গ' হতে পাই প্রাথমিক অবস্থায় ধারকত্ব, $C = 3.6892 \times 10^{-13}$ F

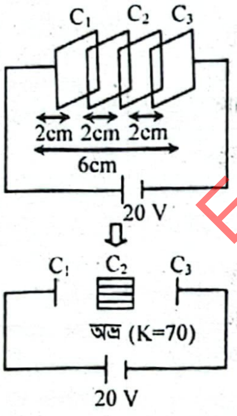
প্রাথমিক অবস্থায় সঞ্চিত শক্তি,

$$U = \frac{1}{2}CV^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 3.6892 \times 10^{-13} \times (20)^2$$
$$= 7.378 \times 10^{-11}\ \text{J}$$

এখানে,
ধারকের প্রতিপাতের ক্ষেত্রফল,
$A = 25\ \text{cm}^2 = 25 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$
ধারকের পাতদ্বয়ের দূরত্ব,
$d = 6\ \text{cm} = 0.06\ \text{m}$
বিভব পার্থক্য, $V = 20$ V
বায়ু মাধ্যমের জন্য,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ \text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

২য় ক্ষেত্রে, একই ধরনের দুটি পাত পূর্বের পাত দুটির মাঝে সমদূরত্বে স্থাপন করলে, প্রতিটি পাতের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d' = \frac{d}{3} = \frac{0.06}{3} = 0.02$ m

যেহেতু, $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ বা, $C \propto \frac{1}{d}$। এখানে 3টি ধারক তৈরি হবে এবং দূরত্ব, $d' = \frac{d}{3}$ হওয়ায় সৃষ্ট 3টি ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = C_2 = C_3 = 3C$ হবে।



আবার, সৃষ্ট ধারকের মাঝের এক তৃতীয়াংশ অর্থাৎ C_2 ধারককে অভ্র দ্বারা পূর্ণ করা হলে, C_2' এর নতুন ধারকত্ব

$$C_2' = k\frac{\epsilon_0 A}{d'} = KC_2$$
$$= 70\ C_2$$
$$= 70 \times 3C$$
$$= 210C$$

এখানে,
অভ্রের ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবক,
$K = 70$
পূর্বের ধারকত্ব,
$C = 3.6892 \times 10^{-13}$ F

এখন, C_1, C'_2 ও C_3 শ্রেণিতে থাকায়,
তুল্য ধারকত্ব C_{eq} হলে,

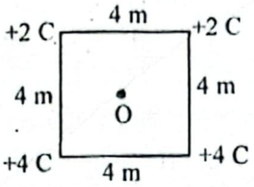
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2'} + \frac{1}{C_3}$$
$$= \frac{1}{3C} + \frac{1}{210C} + \frac{1}{3C}$$
$$= \frac{70 + 1 + 70}{210C} = \frac{141}{210C}$$
$$\therefore C_{eq} = \frac{210C}{141} = \frac{210 \times 3.6892 \times 10^{-13}}{141}$$
$$= 5.495 \times 10^{-13}\ \text{F}$$

∴ নতুন ধারকের সঞ্চিত শক্তি,

$$U' = \frac{1}{2}C_{eq}V^2 = \frac{1}{2} \times 5.465 \times 10^{-13} \times 20^2$$
$$= 1.1 \times 10^{-10}\ \text{J}$$

দেখা যাচ্ছে, $U' > U$
সুতরাং, ধারকটির শক্তি বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৫ চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ২



পরবর্তীতে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র 'O' তে +1C চার্জে চার্জিত 9.8 kg ভরের একটি বস্তু রাখা হলো।

ক. এক ফ্যারাড কী? ১
খ. তড়িৎ দ্বি-মেরু ভ্রামক— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে 'O' বিন্দুতে বিভব কত? ৩
ঘ. ২য় ক্ষেত্রে বস্তুটি সাম্যাবস্থায় থাকবে কি না— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক বিভব পার্থক্যে কোনো ধারক এক কুলম্ব চার্জ ধারন করলে তার ধারকত্বই এক ফ্যারাড।

খ তড়িৎ দ্বিমেরুর যেকোনো একটি আধান এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক বলে।

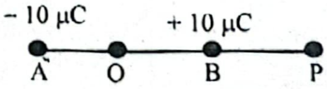
$$\therefore p = q \times 2l$$

দ্বিমেরু ভ্রামক $\vec{p}$ এর দিক হয় তড়িৎ দ্বিমেরুর অক্ষ বরাবর ঋণাত্মক আধান থেকে ধনাত্মক আধানের দিকে। এর একক হচ্ছে কুলম্ব-মিটার (Cm)।

গ ২৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর অনুরূপ। **উত্তর:** 3.82×10^{10} V

ঘ ২৯(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বর্গক্ষেত্রটির কেন্দ্রে চার্জিত বস্তুটির ওজন, $W = 96.04$ N এবং চার্জিত বস্তুটির ওপর ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল, $F = 3.182 \times 10^9$ N। যেহেতু $W \neq F$। সুতরাং বস্তুটি সাম্যাবস্থায় থাকবে না।

প্রশ্ন ▸ ৭৬ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ❙ প্রশ্ন নং ২



$AB = 40$ cm; $OP = 25$ cm

ক. ধারক কী? ১
খ. রোধের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা করো। ২
গ. P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান কত হবে? ৩
ঘ. P বিন্দুর অবস্থান কীরূপ পরিবর্তন করলে সমমানের ঋণাত্মক বিভব পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

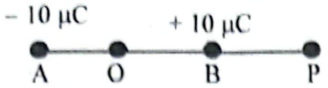
৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলই হলো ধারক।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায় আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। এ বাধাই পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়, ফলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়। আবার, তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহী পদার্থের মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়ায় এদের পরিবাহীতা বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়।

গ দেওয়া আছে,

AB = 40 cm, OP = 25 cm



O, AB এর মধ্যবিন্দু বিবেচনা করে,

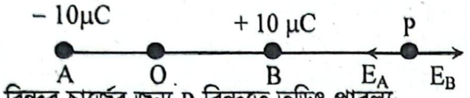
$$AP = AO + OP = \frac{AB}{2} + OP = \left(\frac{40}{2} + 25\right) \text{ cm} = 45 \text{ cm}$$

এবং $BP = OP - BO = OP - \frac{AB}{2} = \left(25 - \frac{40}{2}\right) \text{ cm} = 5 \text{ cm}$

এখন, A বিন্দুর চার্জের জন্য P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_A = 9 \times 10^9 \times \frac{q_A}{(AP)^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{(0.45)^2}$$
$$= 4.44 \times 10^5 \text{ NC}^{-1} \text{ [PA বরাবর]}$$

এখানে, A বিন্দুর চার্জের মান
$q_A = 10\ \mu C = 10 \times 10^{-6} C$
দূরত্ব, AP = 45 cm = 0.45 m



B বিন্দুর চার্জের জন্য P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_B = 9 \times 10^9 \times \frac{q_B}{(BP)^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{(0.05)^2}$$
$$= 3.6 \times 10^7 \text{ NC}^{-1} \text{ [BP বরাবর]}$$

এখানে, B বিন্দুতে চার্জের মান,
$q_B = 10\ \mu C = 10 \times 10^{-6}$ C
দূরত্ব, BP = 5 cm
= 0.05 m

অর্থাৎ, P বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য,

$$E = E_B - E_A$$
$$= \{(3.6 \times 10^7) - (4.44 \times 10^5)\} \text{ NC}^{-1} = 3.56 \times 10^7 \text{ NC}^{-1}$$

∴ P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান $3.56 \times 10^7 \text{ NC}^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ O, AB এর মধ্যবিন্দু।

তাই $AO = OB = \frac{40}{2} = 20$ cm

$BP = OP - OB = 25 - 20$
$= 5 \text{ cm} = 0.05$ m.

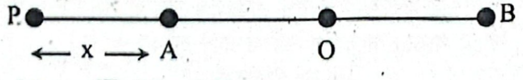
$AP = AB + BP$
$= 40 + 5 = 45$ cm
$= 0.45$ m

P বিন্দুর বিভব,

$$V_P = V_A + V_B$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_A}{AP} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_B}{BP}$$
$$= 9 \times 10^9 \left(\frac{-10 \times 10^{-6}}{0.45} + \frac{10 \times 10^{-6}}{0.05}\right) = 1.6 \times 10^6 \text{ V}$$

এখানে,
A বিন্দুতে চার্জ, $q_A = -10\ \mu C$
$= -10 \times 10^{-6}$ C
B বিন্দুতে চার্জ,
$q_B = +10\ \mu C = 10 \times 10^{-6}$ C
কুলম্ব ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2}$
দূরত্ব AB = 40 cm
দূরত্ব OP = 25 cm

সমমানের ঋণাত্মক বিভব পেতে হলে ধরি, A চার্জ হতে বাম দিকে x দূরত্বে P বিন্দু নিতে হবে।



সুতরাং AP = x এবং BP = 0.40 + x

এখানে, $V'_P = -1.6 \times 10^6$ V হবে

$\therefore V'_P = V'_A + V'_B$

বা, $-1.6 \times 10^6 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \left(\frac{q_A}{x} + \frac{q_B}{0.4 + x}\right)$

বা, $\frac{-1.6 \times 10^6}{9 \times 10^9} = \frac{-10 \times 10^{-6}}{x} + \frac{10 \times 10^{-6}}{0.4 + x}$

বা, $\frac{-160}{9} = \frac{-1}{x} + \frac{1}{0.4 + x}$

বা, x = 0.05 m = 5 cm

সুতরাং, P বিন্দুর অবস্থানে যদি A চার্জের বামে 5 cm দূরে হয় অর্থাৎ, (45 + 5) = 50 cm পূর্বের অবস্থানের বামে হয়। তাহলে সমমানের ঋণাত্মক বিভব পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৭ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম।

একটি সমান্তরাল পাত ধারকে দুটি আয়তাকার ধাতবপাত আছে যাদের দৈর্ঘ্য 5 cm এবং প্রস্থ 4 cm এবং পাত দুইটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 cm। ডান পাশের পাতে 4 mm পুরু একটি সালফার স্ল্যাব স্থাপন করা হলো যার অন্তরক ধ্রুবক 4। উল্লেখ্য যে, পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য 70 V।

ক. পোলার ডাই ইলেক্ট্রিক কী?

খ. পানির পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের মান বেশি হওয়া সত্ত্বেও কেন ডাই ইলেক্ট্রিক হিসেবে পানি ব্যবহার করা হয় না? ব্যাখ্যা করো।

গ. সালফার স্ল্যাব স্থাপনের পূর্বে ধারকত্ব নির্ণয় করো।

ঘ. সালফার স্ল্যাব স্থাপনের পূর্বে এবং পরে কোন ক্ষেত্রে একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সব ডাই ইলেক্ট্রিক মাধ্যমের অণুতে পূর্ব থেকেই স্থায়ী ডাইপোল বিক্ষিপ্তভাবে অবস্থান করে কিন্তু বাহ্যিক তড়িৎক্ষেত্র প্রয়োগ করলে ডাইপোলগুলো সুসজ্জিতভাবে অবস্থান করে, সে সব মাধ্যমই হলো পোলার ডাই ইলেক্ট্রিক।

খ পানির পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক অনেক বেশি; তবে বিশুদ্ধ অবস্থায় থাকলেই কেবল এটি ভালো অন্তরকের মতো আচরণ করে। কিন্তু পানিতে অপদ্রব্য দ্রবীভূত থাকলে পানি পরিবাহীর মতো আচরণ করে। তাই পানি ধারকের ডাই-ইলেক্ট্রিক হিসেবে উপযুক্ত নয়। তাছাড়া পানি তরল পদার্থ তথা প্রবাহী হওয়ায় এটি ধারকের ডাই-ইলেক্ট্রিক হিসেবে সুবিধাজনক নয়। এ কারণে পানির পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের মান বেশি হওয়া সত্ত্বেও এটি ডাই ইলেক্ট্রিক হিসেবে ব্যবহার করা হয় না।

গ আমরা পাই,

ধাতব পাতের ক্ষেত্রফল,

$$A = xy = 5 \times 4$$
$$= 20 \text{ cm}^2$$
$$= 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

সালফার স্ল্যাব স্থাপনের পূর্বে ধারকটির ধারকত্ব,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 20 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-2}}$$
$$= 1.7708 \times 10^{-12} \text{ F } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
ধাতব পাতের দৈর্ঘ্য,
x = 5 cm
ধাতব পাতের প্রস্থ,
y = 4 cm
পাত দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 1 \text{ cm} = 1 \times 10^{-2}$ m
শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদ্যতা,
$\epsilon_o = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}$

ঘ 'গ' হতে পাই পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল, $A = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

ধারকত্ব, $C = 1.7708 \times 10^{-12}$ F

সালফার স্ল্যাব স্থাপনের পূর্বে একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি,

$$U = \frac{\frac{1}{2}CV^2}{Ad}$$
$$= \frac{\frac{1}{2} \times 1.7708 \times 10^{-12} \times 70^2}{20 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-2}}$$
$$= 2.17 \times 10^{-4} \text{ J/m}^3$$

এখানে,
বিভব পার্থক্য, V = 70 V
পরা বৈদ্যুতিক ধ্রুবক, k = 4
সালফার স্ল্যাবের পুরুত্ব,
t = 4 mm
$= 4 \times 10^{-3}$ m
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 1 \times 10^{-2}$ m
শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

সালফার স্ল্যাব স্থাপনের পর ধারকত্ব,

$$C' = \frac{\epsilon_0 A}{d - t\left(1 - \frac{1}{k}\right)} = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 20 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-2} - 4 \times 10^{-3}\left(1 - \frac{1}{4}\right)}$$
$$= 2.53 \times 10^{-12} \text{ F}$$

সুতরাং একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি

$$U' = \frac{\frac{1}{2}C'V^2}{Ad} = \frac{\frac{1}{2} \times 2.53 \times 10^{-12} \times 70^2}{20 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-2}} = 3.1 \times 10^{-4} \text{ J/m}^3$$

$U' > U$

সুতরাং সালফার স্ল্যাব স্থাপনের পর ধারকের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি পূর্বের চেয়ে বেশি হবে।

▶ ৭৮ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ‖ প্রশ্ন নং ২

চার্জিত গোলকের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 0.2 m ও 0.3m। চার্জিত করার গোলক দুটিকে পরস্পর থেকে 1 m দূরে স্থাপন করা হলো। এদের যথাক্রমে $+ 3 \times 10^{-12}$ C ও $+ 12 \times 10^{-12}$C। কুলম্ব ধ্রুবক C = 9 $10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2}$

ক. তড়িচ্চালক শক্তি কী? ১

খ. কোনো বস্তুর আধান 2×10^{-19} হতে পারে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম গোলকের পৃষ্ঠ থেকে 5 cm দূরে বিভব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. "গোলকদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখার কোন একটি বিন্দুতে প্রাবল্যের মান শূন্য"— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাই করো। ৪

৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎস সহ পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের শক্তি ব্যয় হয় তাই উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি।

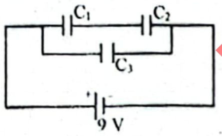
একটি ইলেক্ট্রন বা প্রোটনের আধানই হলো প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ন্যূনতম নের আধান। একটি ইলেক্ট্রনের আধানকে (– e) এবং প্রোটনের ধানকে (+ e) দ্বারা চিহ্নিত করা হয় যার মান, $e = 1.6 \times 10^{-19}$C। র্থাৎ কোনো বস্তুর আধান অবশ্যই 1.6×10^{-19}C মানের গুণিতক বে। এখানে বস্তুর আধান 2×10^{-19} C এর ক্ষেত্রে, $\frac{2 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} =$ 25 যা সম্ভব নয়। একারণেই কোনো বস্তুতে আধানের পরিমাণ $2 \times$ 0^{-19}C হওয়া সম্ভব নয়।

৩৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
ত্তর: 0.108 V

১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ছোট গোলকের ন্দ্র হতে বড় গোলকের দিকে 0.33 m দূরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

▶ ৭৯ বাংলাদেশ মহিলা সমিতি বালিকা উচ্চ বিদ্যালয় ও কলেজ, চট্টগ্রাম ‖ প্রশ্ন নং ২

ত্রানুযায়ী বর্তনীতে যুক্ত ধারকগুলোর প্রতিটির মান 900 pF এবং তদ্বয়ের ব্যবধান 0.4 cm। $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \text{C}^2\,\text{N}^{-1}\,\text{m}^{-2}$



ক. তড়িৎ দ্বি-মেরু কাকে বলে? ১

খ. কোনো চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য ও বিভব উভয়ই শূন্য নয়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ধারকের যে কোন একটি পাত্রের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. C_3 ধারককে অপসারণ করে C_1 ধারকের মধ্যে কাগজ (K = 3) দ্বারা পূর্ণ করা হলে, বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি পূর্বাপেক্ষা বেশি হবে কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর

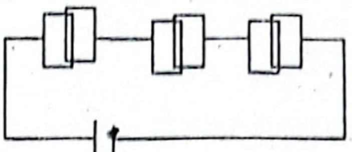
দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত লে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয়। কারণ চার্জিত লকের অভ্যন্তরে কোনো তড়িৎ বলরেখা থাকে না। কিন্তু চার্জিত লকের কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব শূন্য হয় না। কারণ, অসীম থেকে লকের পৃষ্ঠ পর্যন্ত ধনাত্মক চার্জকে আনতে যে পরিমাণ কাজ করতে য়, অসীম থেকে গোলকের কেন্দ্রে আনতেও একই পরিমাণ কাজ রতে হয়। এজন্যই গোলকের কেন্দ্রে বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান যার ন শূন্য নয়। তাই চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হলেও বিভব ন্য নয়।

২৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৮০ বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম ‖ প্রশ্ন নং ২



উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল $0.04\ \text{m}^2$। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 mm এবং বায়ু দ্বারা পূর্ণ। পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য 60 V।

ক. ইলেকট্রন ভোল্ট কী? ১

খ. চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটির মধ্যবর্তী স্থানে 2.5 ডাই ইলেক্ট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তির কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক ভোল্ট বিভব পার্থক্যের এক বিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে একটি ইলেকট্রন নিতে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

খ কোনো চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ থাকে না, সমস্ত চার্জ অবস্থান করে এর পৃষ্ঠে। তড়িৎ বল রেখা নির্গত হয় চার্জ থেকে, তাই বলা যায় চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে কোনো বল রেখা থাকে না। এজন্য চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ আমরা জানি,

ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon_0 kA}{d}$

$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 1.00059 \times 0.04}{2 \times 10^{-3}}$

$\therefore C = 1.7718 \times 10^{-10}$ F

এখানে,
বাতাসের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক,
K = 1.00059
শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ \text{C}^2\,\text{Nm}^{-2}$
প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল,
$A = 0.04\ \text{m}^2$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 2\ \text{mm} = 2 \times 10^{-3}$ m

$\therefore$ উদ্দীপকের ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C}$

বা, $\frac{1}{C_s} = \frac{1+1+1}{C}$

বা, $C_s = \frac{C}{3} = \frac{1.7718 \times 10^{-10}}{3}$ F $= 5.906 \times 10^{-11}$ F **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত,

প্রতিটি ধারকের ধারকত্ব $= 1.7718 \times 10^{-10}$ F

$\therefore$ প্রতিটি ধারকের সঞ্চিত শক্তি $= \frac{1}{2} CV^2$

$= \frac{1}{2} \times 1.7718 \times 10^{-10} \times (60)^2$ J

$= 3.1892 \times 10^{-7}$ J

$\therefore$ সমবায়ের মোট সঞ্চিত শক্তি $= (3 \times 3.1892 \times 10^{-7})$J

$= 9.5677 \times 10^{-7}$ J

এখন, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে 2.5 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের বস্তু স্থাপন করলে প্রতিটি ধারকের ধারকত্ব হবে,

$C_1 = \frac{\epsilon_0 kA}{d} = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 2.5 \times 0.04}{2 \times 10^{-3}}$ F

$= 4.427 \times 10^{-10}$ F

$\therefore$ প্রতিটি ধারকের সঞ্চিত শক্তি $= \frac{1}{2} C_1 V^2$

$= \frac{1}{2} \times 4.427 \times (60)^2$ J

$= 7.9686 \times 10^{-7}$ J

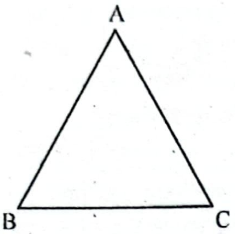
$\therefore$ সমবায়ের মোট সঞ্চিত শক্তি $= (3 \times 7.9686 \times 10^{-7})$J
$= 2.39 \times 10^{-6}$ J

$\therefore$ সঞ্চিত শক্তি হবে $= \frac{2.39 \times 10^{-6}}{9.5677 \times 10^{-7}}$ গুণ $= 2.5$ গুণ।

সুতরাং, উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটির মধ্যবর্তী স্থানে 2.5 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তি পূর্বের তুলনায় 2.5 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮১ বান্দরবান ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৭

চিত্রে ABC সমবাহু ত্রিভুজের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য 20 cm এবং B ও C বিন্দুতে 250 μC চার্জ আছে।



ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১
খ. কোন বিন্দুর আধান 2.3×10^{-19} C হতে পারে না– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. A বিন্দুতে বিভব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. A বিন্দুতে 1.5kg ভরের একটি বস্তু ঝুলিয়ে রাখতে কি ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৮১ নং প্রশ্নের উত্তর

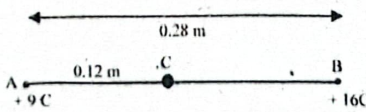
ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ একটি ইলেক্ট্রন বা প্রোটনের আধানই হলো প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ন্যূনতম মানের আধান। একটি ইলেক্ট্রনের আধানকে (– e) এবং প্রোটনের আধানকে (+ e) দ্বারা চিহ্নিত করা হয় যার মান, $e = 1.6 \times 10^{-19}$C। অর্থাৎ কোনো বিন্দুর আধান অবশ্যই 1.6×10^{-19}C মানের গুণিতক হবে। এখানে বস্তুর আধান 2.3×10^{-19}C এর ক্ষেত্রে, $\frac{2.3 \times 10^{-19}\text{C}}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}} = 1.4375$ যা সম্ভব নয়। কেননা কোনো বস্তুর বা বিন্দুর আধান ইলেকট্রনের আধানের ভগ্নাংশের গুণিতক হতে পারে না। একারণেই কোনো বিন্দুর আধান 2.3×10^{-19}C হতে পারে না।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.25×10^7 V।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: বস্তুটিকে $+ 1.51 \times 10^{-7}$ C চার্জে চার্জিত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮২ সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট ‖ প্রশ্ন নং ২



দুটি ক্ষুদ্র গোলক A ও B তে যথাক্রমে +9C এবং +16C চার্জ প্রদান করা হলো। গোলক দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.28m।

ক. গাউসের সূত্রটি লিখ। ১
খ. কুলম্বের সূত্র থেকে গাউসের সূত্র প্রতিপাদন করো। ২
গ. A এবং B এর মধ্যবর্তী বল কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের C বিন্দুতে 1 Coulomb চার্জ রাখলে চার্জটি কোনো বল অনুভব করবে কি?— গাণিতিক যুক্তি দিয়ে মতামত দাও। ৪

৮২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের ϵ_0 গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

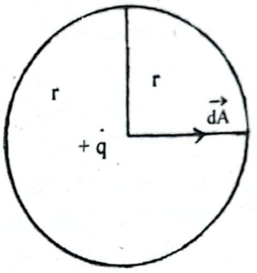
খ কুলম্বের সূত্র থেকে আমরা জানি, দুটি চার্জের মধ্যকার আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল চার্জদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের মধ্যকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ, $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{qq_o}{r^2}$

বা, $F = q_o \times \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q}{r^2}$

আবার আমরা জানি, $F = q_oE \therefore q_oE = q_o\frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q}{r^2}$

$\therefore E = \frac{q}{4\pi\epsilon_o r^2}$ বা, $E \times 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_o}$

কিন্তু $\oint dA = 4\pi r^2$ যেখানে A দ্বারা ক্ষেত্রফল এবং r দ্বারা গোলীয় তলের ব্যাসার্ধ বুঝানো হয় (নিচের চিত্র দ্রষ্টব্য)।



$\therefore E\oint dA = \frac{q}{\epsilon_o}$; বিবেচ্য তলের সর্বত্র E সুষম মানের হওয়ায়, $\oint EdA = E\oint dA = \frac{q}{\epsilon_o}$

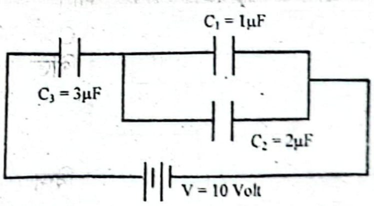
এখানে, $\vec{E}$ এবং $d\vec{A}$ উভয়ের দিক ব্যাসার্ধ বরাবর বহির্মুখী হবে।

$\therefore \oint\vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_o}$; ইহাই গাউসের সূত্র।

গ ৩৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.653×10^{13} N

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** C বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য তাই C বিন্দুতে 1 Coulomb চার্জ রাখলে এটি কোনো বল অনুভব করবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮৩ সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট ‖ প্রশ্ন নং



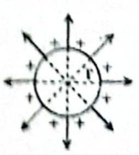
উপরের বর্তনীটি লক্ষ্য করো এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

ক. ধারক কাকে বলে? ১
খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বর্তনীর সকল ধারককে সমান্তরালে সংযোগ করলে প্রাপ্ত সঞ্চিত শক্তি, প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা বেশি না কম হবে– গাণিতিক যুক্তি দেখাও। ৪

৮৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলকে ধারক বলে।

খ



কোন গোলাকার পরিবাহীর চার্জ এর পৃষ্ঠে সুষমভাবে বিন্যস্ত থাকে। তাই পৃষ্ঠের সকল চার্জ-এর কেন্দ্রে পুঞ্জিভূত আছে কল্পনা করলেও এর ক্ষেত্রের (Field) কোন পরিবর্তন হয় না। পৃষ্ঠে অর্থাৎ কেন্দ্র হতে r দূরত্বে বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

ধারকত্ব, $C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r}} = 4\pi\epsilon_0 r$

অর্থাৎ, গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 r$

অর্থাৎ, $C \propto r$ বা ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.5 μF

ঘ এখানে,

প্রদত্ত বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব, $C = 1.5\mu F = 1.5 \times 10^{-6} F$
বর্তনীর বিভব, $V = 10 V$

∴ প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 10^{-6} \times (10)^2$
$= 7.5 \times 10^{-5} J$

আবার, C_1, C_2 এবং C_3 ধারকগুলোকে সমান্তরালে সংযোগ করলে এদের তুল্য ধারকত্ব C′ হলে,

$$C' = C_1 + C_2 + C_3 = 1\ \mu F + 2\ \mu F + 3\ \mu F$$
$$= 6\ \mu F = 6 \times 10^{-6} F$$

∴ ধারকগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি,

$$U' = \frac{1}{2} C'V^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} F \times (10\ V)^2 = 3 \times 10^{-4} J$$

যেহেতু, $U' > U$

অতএব, বর্তনীটির সকল ধারককে সমান্তরালে সংযোগ করলে প্রাপ্ত সঞ্চিত শক্তি, প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৪ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ৩

2m বাহু বিশিষ্ট একটি সমবাহু ত্রিভুজ ABC। প্রথমে B বিন্দুতে 5C চার্জ রাখা হয়। পরবর্তীতে −5C চার্জ A বিন্দুতে রাখা হয়।

ক. তড়িচ্চালক শক্তি কাকে বলে? ১
খ. কোনো ধারকের ধারকত্ব 5μF বলতে কী বোঝ? ২
গ. প্রথম ক্ষেত্রে A বিন্দুতে বিভব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. A বিন্দুতে চার্জ রাখার পূর্বে ও পরে C বিন্দুতে প্রাবল্যের মানের কোনো পরিবর্তন হয় না- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর

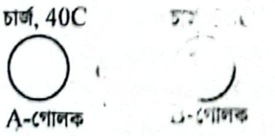
ক একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎস সহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে ঐ উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

খ কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ পরিবাহীর ধারকত্ব বলে। কোনো ধারকের ধারকত্ব 5μF বলতে বুঝায়– পাতদ্বয়ের মধ্যে 1 ভোল্ট বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করতে অন্তরীত পরিবাহীতে 5μ কুলম্ব চার্জ প্রদান করতে হবে।

গ ৬৫ (গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2 [illegible] 10^{11} V

ঘ ৬৫ (ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** [illegible] বিন্দুতে [illegible] রাখার পূর্বে প্রাবল্যের মান $1.125 \times 10^{10} NC^{-1}$ ও পরে C [illegible] প্রাবল্যের মান $1.125 \times 10^{10} NC^{-1}$। তাই মান একই থাকলেও দিক পরিবর্তিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৫ বরিশাল সরকারি [illegible] কলেজ [illegible] নং ২



চিত্রে গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1m এবং তাদের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 12 cm ও 8 cm

ক. স্থির তড়িৎ কাকে বলে? ১
খ. কোন বস্তুর মধ্যে 4×10^{-19} C চার্জ থাকা সম্ভব নয় কেন? ২
গ. A গোলকের পৃষ্ঠ হতে নির্গত মোট বল রেখার সংখ্যা কত? ৩
ঘ. গোলকদ্বয়কে একটি পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করার পূর্বে এবং পরে এদের মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বলের মান অপরিবর্তিত থাকবে কি না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থির বা আবদ্ধ চার্জের প্রভাব বা ক্রিয়াকে স্থির তড়িৎ বলে।

খ একটি ইলেক্ট্রন বা প্রোটনের চার্জই হলো প্রকৃতিতে ন্যূনতম মানের চার্জ। একটি ইলেক্ট্রনের চার্জকে (− e) এবং প্রোটনের চার্জকে (+ e) দ্বারা চিহ্নিত করা হয় এর মান $e = 1.6 \times 10^{-19}$C। অর্থাৎ কোনো বস্তুর আধান অবশ্যই 1.6×10^{-19}C মানের গুণিতক হবে। এখানে বস্তুর আধান 4×10^{-19}C এর ক্ষেত্রে $\frac{4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.5$ যা সম্ভব নয়। একারণেই, কোনো বস্তুর মধ্যে চার্জের পরিমাণ 4×10^{-19}C চার্জ থাকা সম্ভব নয়।

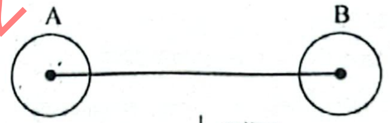
গ আমরা জানি,

বলরেখার সংখ্যা,

$$N = \frac{q_A}{\epsilon_0}$$
$$= \frac{40}{8.854 \times 10^{-12}}$$
$$= 4.52 \times 10^{12}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
A গোলকের চার্জ, $q_A = 40$ C
শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

ঘ



কেন্দ্র থেকে কেন্দ্র দূরত্ব,

$r = r_A + d + r_B$
$= 0.12 + 1 + 0.08 = 1.2$ m

পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করার আগে বল F হলে,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_A \times q_B}{r^2}$$
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{40 \times 30}{(1.2)^2}$$
$$= 7.5 \times 10^{12} N$$

এখানে,
A গোলকের চার্জ,
$q_A = 40C$
B গোলকের চার্জ, $q_B = 30$ C
A গোলকের ব্যাসার্ধ,
$r_A = 12$ cm $= 0.12$ m
B গোলকের ব্যাসার্ধ,
$r_B = 8$ cm $= 0.08$ m
চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 1$ m
কুলম্বের ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
$= 9 \times 10^9\ N_m^2C^{-2}$

পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করার পূর্বে ও পরে মোট চার্জ সংরক্ষিত থাকবে এবং A ও B গোলকের বিভব সমান হবে।

এখানে, $q_A + q_B = 40 + 30 = 70$ C

ধরি, তার দ্বারা যুক্ত করার পর A ও B গোলকের চার্জ q'_A ও q'_B

সুতরাং, $q'_A + q'_B = 70$

এবং $V'_A = V'_B$

বা, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q'_A}{r_A} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q'_B}{r_B}$

বা, $\frac{q'_A}{0.12} = \frac{q'_B}{0.08}$

বা, $q'_A = 1.5\ q'_B$

∴ $q'_A + q'_B = 70$

বা, $1.5\ q'_B + q'_B = 70$

বা, $q'_B = \frac{70}{2.5} = 28$ C

$q'_A = 70 - q'_B = 70 - 28 = 42$ C

তার দ্বারা যুক্ত করার পর বল,

$$F' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q'_A q'_B}{r^2}$$

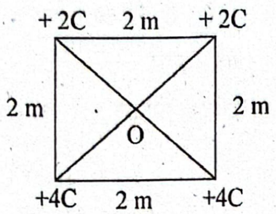
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{42 \times 28}{(1.2)^2}$$

$$= 7.35 \times 10^{12} \text{ N}$$

$F' \neq F$

সুতরাং গোলকদ্বয়কে একটি পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করার পূর্বে ও পরে এদের মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বলের মান অপরিবর্তিত থাকবে না।

প্রশ্ন ▸ ৮৬ সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল | প্রশ্ন নং ২



ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. একটি সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব 2.5 μF বলতে কী বুঝ? ২

গ. 'O' বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 'O' বিন্দুতে +2C চার্জে চার্জিত 10 kg ভরের কোন বস্তু সাম্যাবস্থায় রাখা যাবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৮৬ নং প্রশ্নের উত্তর

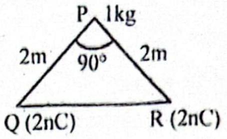
ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ দুটি সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব 2.5 μF বলতে বুঝায়, ঐ ধারকের দুই পাতের মধ্যে 1 V বিভব পার্থক্য বজায় রাখতে প্রত্যেক পাতে 2.5 μ C আধান প্রদান করতে হয়।

গ ২৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 7.64×10^{10} V

ঘ ২৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: O বিন্দুতে +2 C চার্জিত বস্তুর ওপর লব্ধি তড়িৎ বল 2.55×10^{10} N যা তার ওজন 98 N এর সমান নয়। তাই বস্তুটি সাম্যাবস্থায় রাখা যাবে না।

প্রশ্ন ▸ ৮৭ অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল | প্রশ্ন



ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে?

খ. চার্জিত গোলকের কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বনাম বিভবের আঁক।

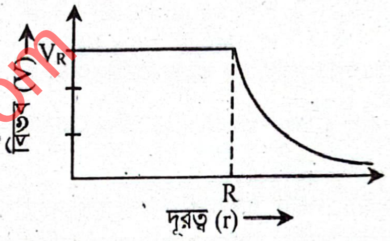
গ. চিত্রে P বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের মান নির্ণয় করো।

ঘ. উদ্দীপকের চিত্রে P বিন্দুতে স্থাপিত বস্তুটিকে শূন্যে রাখা যাবে কিনা- গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

৮৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে অসীম থেকে প্রতি একক আধানকে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ বিন্দুর বিভব বলে।

খ নিচে কোনো চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বিভব-এর লেখচিত্র দেওয়া হলো–



আমরা জানি, R ব্যাসার্ধের চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্ত যেকোনো বিন্দুতে বিভব গোলকের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুর বিভবের (V সমান এবং গোলকের বাইরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

এখানে, r = কেন্দ্র হতে ঐ বিন্দুর দূরত্ব

অর্থাৎ $V \propto \frac{1}{r}$

সুতরাং পৃষ্ঠ হতে বাইরে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে বিভব কমতে অর্থাৎ বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 18 V

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 1 kg ভরের বস্তুটিকে + 1.54 C চার্জে চার্জিত করলে P শূন্য স্থানে ঝুলিয়ে রাখা যাবে।

Tutor ৮৮ থেকে ১১০ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph2bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

৮৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৭	panjeree.com/hsc
৮৯. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hsc
৯০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hsc
৯১. যশোর বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৩	panjeree.com/hsc
৯২. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ | প্রশ্ন নং ৫	panjeree.com/hsc
৯৩. ঢাকা, দিনাজপুর ও সিলেট বোর্ড ২০১৮ | প্রশ্ন নং ৩	panjeree.com/hsc
৯৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
৯৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hsc
৯৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hsc
৯৭. সিলেট বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hsc
৯৮. যশোর বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ৬	panjeree.com/hsc
৯৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hs
১০০. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hs
১০১. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hs
১০২. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hs
১০৩. যশোর বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hs
১০৪. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ | প্রশ্ন নং ৪	panjeree.com/hs
১০৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ৩	panjeree.com/hs
১০৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hs
১০৭. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hs
১০৮. সিলেট বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hs
১০৯. যশোর বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ১	panjeree.com/hs
১১০. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ | প্রশ্ন নং ২	panjeree.com/hs

অধ্যায় ৩ চল তড়িৎ

বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

র্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

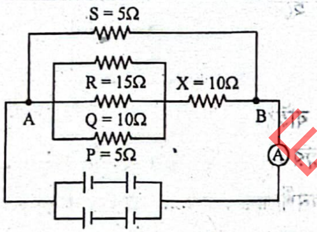
াল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	২	১	১	২	১	১	২	১	১২
২০২৩	১	১	১	১	১	২	১	১	১	১০
২০২২	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২১	২	২	২	২	২	২	২	২	২	১৮
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	০	১	১	১	২	১	১	৮
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৬	১	–	১	০	১	১	০	০	০	৪
২০১৫	১	–	০	১	১	১	১	০	০	৫
ট প্রশ্ন	১০	৬	৮	৯	১১	১১	১০	৯	৮	–

দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৪



প্রদর্শিত প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 1.5V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ
।

ক. গাউসের সূত্রটি লেখ। ১

খ. গ্যালভানোমিটার রক্ষায় শান্টের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী তুল্যরোধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর X = 10Ω রোধটি অপসারণ করলে অ্যামিটার প্রবাহ কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

াউসের সূত্রটি হলো- তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের $\in_0$ গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ র সমান।

ধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে রে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে একটি মানের রোধ শান্ট হিসেবে সংযুক্ত করা হয়। এর ফলে মূল প্রবাহ বিভক্ত হয়ে যায় এবং শান্টের রোধ কম হওয়ায় এর ভেতর দিয়ে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্য অল্প পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হাত থেকে রক্ষা পায়। এ কারণেই গ্যালভানোমিটার রক্ষায় প্রয়োজন হয়।

গ বর্তনীতে, P, Q, R রোধ তিনটি সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_{P_1} হলে,

এখানে,
P = 5Ω, Q = 10Ω,
R = 15Ω, X = 10Ω,
S = 4Ω

$$\frac{1}{R_{P_1}} = \frac{1}{P} + \frac{1}{Q} + \frac{1}{R} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{11}{30}$$

$$\therefore R_{P_1} = \frac{30}{11}\Omega$$

এখন, R_{P_1} ও X শ্রেণিতে যুক্ত।

এদের তুল্যরোধ, $R_S = R_{P_1} + X = \left(\frac{30}{11} + 10\right)\Omega = \frac{140}{11}\Omega$

আবার, R_S ও S সমান্তরালে যুক্ত।
এদের তুল্যরোধ R_P হলে,

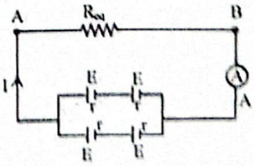
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_S} + \frac{1}{S} = \frac{1}{\frac{140}{11}} + \frac{1}{5} = \frac{11}{140} + \frac{1}{5} = \frac{39}{140}$$

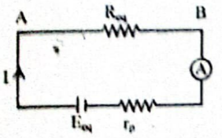
$$R_P = \frac{140}{39} = 3.5897\ \Omega$$

∴ উদ্দীপকে বর্তনীর A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী তুল্যরোধ,
$R_P = 3.5897\ \Omega$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, বর্তনীর A ও B বিন্দুর তুল্যরোধ $R_{eq} = 3.5897\Omega$

শ্রেণিতে যুক্ত উপরের দুটি এবং নিচের দুটি কোষের তড়িৎচালক শক্তি E_1 ও E_2 হলে,
$E_1 = E_2 = E + E = (1.5 + 1.5)V = 3V$
শ্রেণিতে যুক্ত উপরের 2টি কোষ এর তুল্যরোধ, $r_1 = r + r = 1 + 1 = 2\Omega$
শ্রেণিতে যুক্ত নিচের 2টি কোষের তুল্যরোধ, $r_2 = r + r = 1 + 1 = 2\Omega$
বর্তনীর A ও B বিন্দুর তুল্য তড়িৎচালক শক্তি, $E_{eq} = E_1 = E_2 = 3V$





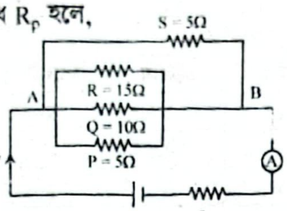
সমগ্র কোষের তুল্য অভ্যন্তরীণ রোধ, r_P হলে, $\frac{1}{r_P}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}=1$

$\therefore r_P = 1\Omega$

এখানে, প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, E = 1.5V
অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 1Ω
P = 5Ω, Q = 10Ω,
R = 15Ω, S = 5Ω

$\therefore$ অ্যামিটার প্রবাহ, $I=\frac{E_{eq}}{R_{eq}+r_P}=\frac{3}{3.5897+1}=0.654A$

X = 10Ω রোধটি অপসারণ করলে, বর্তনীটি হবে, এক্ষেত্রে P, Q, R, S রোধ চারটি সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্য রোধ R_p হলে,



$$\frac{1}{R_P}=\frac{1}{P}+\frac{1}{Q}+\frac{1}{R}+\frac{1}{S}$$
$$=\frac{1}{5}+\frac{1}{10}+\frac{1}{15}+\frac{1}{5}=\frac{17}{30}$$
$$\therefore R_P=\frac{30}{17}\Omega$$

এখন, অ্যামিটার প্রবাহ, $I'=\frac{E_{eq}}{R_P+r_P}=\frac{3}{\frac{30}{17}+1}=1.085\text{ A}$

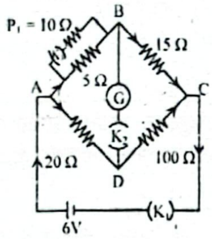
দেখা যাচ্ছে, I' > I

অতএব, অ্যামিটার প্রবাহ বৃদ্ধি পাবে,

$\Delta I = I' - I = (1.085 - 0.654)A = 0.431A$

উদ্দীপকের বর্তনীর X = 10 Ω রোধটি অপসারণ করলে অ্যামিটার প্রবাহ 0.431 A বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▸ ২ মময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৩



ক. প্রবাহ ঘনত্ব কাকে বলে? ১

খ. নিরাপত্তা ফিউজে সরু এবং সংকর ধাতুর ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. শুধুমাত্র K_1 চাবি বন্ধ অবস্থায় উদ্দীপকের বর্তনীতে মোট প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

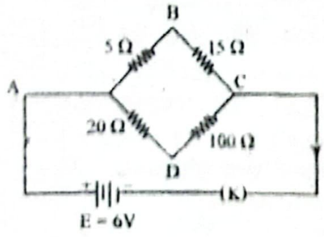
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর সবগুলো চাবি বন্ধ অবস্থায় P_1 রোধের কীরূপ পরিবর্তন করলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের প্রতি একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎকে প্রবাহ ঘনত্ব বলে।

খ সীসা ও টিনের সংমিশ্রণে (এখানে, সীসার পরিমাণ 75% ও টিনের পরিমাণ 25%) তৈরি একটি সরু তারকে নিরাপত্তা ফিউজ হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এ তারের গলনাঙ্ক কম (প্রায় 300°C) থাকে। তারের মধ্য দিয়ে অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহিত হলে তারটি গরম হয়ে উঠে এবং তা গলে গিয়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়। বিশুদ্ধ ধাতুর গলনাংক বেশি। মূলত গলনাঙ্ক কম রাখার জন্য নিরাপত্তা ফিউজে সরু ও সংকর ধাতু ব্যবহার করা হয়।

গ শুধুমাত্র K_1 চাবি বন্ধ থাকলে, অর্থাৎ K_2 ও K_3 চাবি খোলা বা গ্যালভানোমিটার ও P_1 রোধ বিচ্ছিন্ন অবস্থায় বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



5 Ω এবং 15 Ω এর তুল্যরোধ, $R_1 = (5 + 15) = 20\ \Omega$

20 Ω এবং 100 Ω এর তুল্যরোধ, $R_2 = (20 + 100) = 120\ \Omega$

R_1 এবং R_2 সমান্তরালে আছে।

$\therefore$ পুরো বর্তনীর তুল্যরোধ, R হলে,

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

বা, $\frac{1}{R}=\frac{1}{20}+\frac{1}{120}$ বা, $\frac{1}{R}=\frac{7}{720}$ বা, $R = 17.143\ \Omega$

$\therefore$ বর্তনীটির মোট প্রবাহ মাত্রা, $I=\frac{E}{R}=\frac{6}{17.143}=0.35\text{ A}$ (Ans.)

ঘ বর্তনীর সবগুলো চাবি বন্ধ করলে গ্যালভানোমিটার দিয়ে তড়িৎপ্রবাহিত হবে না, যদি হুইটস্টোন ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকে।

সাম্যাবস্থার শর্ত অনুযায়ী,

$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$ বা, $\frac{P}{15}=\frac{20}{100}$

বা, $P=\frac{20\times 15}{100}=3\ \Omega$

এখানে,
BC বাহুর রোধ, Q = 15 Ω
AD বাহুর রোধ, R = 20 Ω
CD বাহুর রোধ, S = 100 Ω
AB বাহুর পরিবর্তিত রোধ P = ?

দেওয়া আছে, AB বাহুর রোধ $R_1 = 5\ \Omega$।

ধরি, P এর সাথে সমান্তরালে P' রোধযুক্ত করলে হুইটস্টোন ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে।

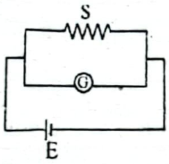
এখন, $\frac{1}{R_1}+\frac{1}{P'}=\frac{1}{P}$ বা, $\frac{1}{P'}=\frac{1}{P}-\frac{1}{R_1}=\frac{1}{3}-\frac{1}{5}=\frac{2}{15}$

$\therefore P'=\frac{15}{2}=7.5\Omega$

সুতরাং বলা যায়, P_1 রোধের মান কমিয়ে 7.5Ω করলে গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৩ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৪

100 Ω রোধের গ্যালভানোমিটার, 5 Ω শান্ট নিয়ে একটি তড়িৎ বর্তনী তৈরি করা হলো। গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ 0.46 A।



ক. কোষের সমবায় কী? ১

খ. খোলা বর্তনীতে কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এর তড়িচ্চালক শক্তির সমান— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. শান্টের প্রবাহ বের করো। ৩

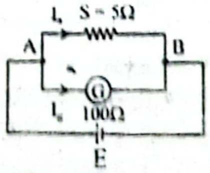
ঘ. "বর্তনীর শান্টের সাথে 5Ω মানের আরও একটি রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে মূল প্রবাহের 20% গ্যালভানোমিটার দিয়ে প্রবাহিত হবে"— উক্তিটির সত্যতা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শক্তিশালী প্রবাহ পাওয়ার জন্য একাধিক কোষ একত্রে ব্যবহার করাকে কোষের সমবায় বলে।

খ আমরা জানি, বর্তনীর তড়িচ্চালক শক্তি, E = V + Ir এখানে, V হলো কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য এবং Ir = হারানো বা নষ্ট ভোল্ট। এখন, খোলা বর্তনীতে I = 0। সেক্ষেত্রে E = V হবে। অর্থাৎ যখন বহিঃবর্তনীতে কোনো প্রবাহ থাকে না, অর্থাৎ বর্তনী খোলা অবস্থায় থাকে তখন কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য ওই কোষের তড়িচ্চালক শক্তির সমান হয়।

গ



শান্টের প্রবাহ I_S হলে,

$V_{AB} = I_S S$........(1)

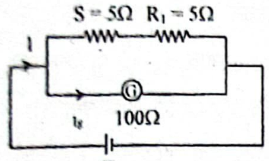
এখানে,
গ্যালভানোমিটারের রোধ, G = 100Ω
শান্ট, S = 5Ω
গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ, I_g = 0.46A

বার, গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ I_g হলে,

$V_{AB} = I_g G = 0.46 \times 100 = 46$ V

1) নং সমীকরণ থেকে, $V_{AB} = I_S S$

বা, $I_S = \frac{V_{AB}}{S} = \frac{46}{5} = 9.2$ A (Ans.)



এখানে,
গ্যালভানোমিটারের রোধ, G = 100Ω
শান্ট, S = 5Ω
শান্টের সাথে শ্রেণিতে যুক্ত রোধ, $R_1 = 5\Omega$

লভানোমিটারের প্রবাহ I_g ও মূল বাহ I হলে,

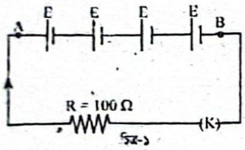
$$I_g = \frac{S + R_1}{G + S + R_1} \times I$$

$$= \frac{5 + 5}{100 + 5 + 5} \times I = \frac{10}{110} I = 0.091I = I \text{ এর } 9.1\%$$

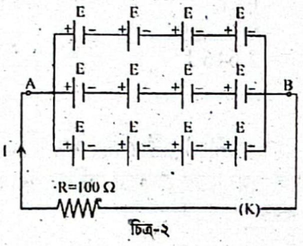
তরাং বলা যায়, বর্তনীর শান্টের সাথে 5Ω মানের আরও একটি রোধ ণিতে যুক্ত করলে মূল প্রবাহের 20% গ্যালভানোমিটার দিয়ে প্রবাহিত বে— উক্তিটি মিথ্যা।

শ্ন ▸ ৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ১

ত্র-১ ও চিত্র-২ এ প্রদর্শিত প্রত্যেকটি কোষের তড়িচ্চালক বল 1.5 V এবং ভ্যন্তরীণ রোধ 1.5 Ω বহিঃস্থ 100 Ω রোধের সাথে যুক্ত করা আছে।



চিত্র-১



চিত্র-২

ক. ইলেকট্রন ভোল্ট কাকে বলে? ১

খ. তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনী-২ এর প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বর্তনী-১ ও বর্তনী-২ এর মধ্যে কোনটির বহিঃরোধ বেশি উত্তপ্ত হবে? বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি ইলেকট্রনকে এক ভোল্ট বিভব পার্থক্য অতিক্রম করতে যে কাজ করতে হয় তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

খ কোনো তেজস্ক্রিয় নমুনায় পরমাণু ক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত ক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক।

কোনো তেজস্ক্রিয় নমুনায় যদি কোনো সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N হয় এবং ঐ মুহূর্তে অতিক্ষুদ্র dt সময়ে dN সংখ্যক পরমাণুর ভাঙন ঘটে, তবে আমরা লিখতে পারি,

$-\frac{dN}{dt} \propto N$ বা, $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$; এটি তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র।

খানে, λ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক বা ক্ষয় ধ্রুবক বলে। এখন N = 1 হলে, $\lambda = -\frac{dN}{dt}$

র্থাৎ, কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভেঙে যাওয়ার সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক বলে।

গ বর্তনী 2 হলো কোষের মিশ্র সমবায়।

মরা জানি,
শ্র সমবায়ের ক্ষেত্রে প্রবাহ,

$$I = \frac{mnE}{mR + nr}$$

$$= \frac{3 \times 4 \times 1.5}{3 \times 100 + 4 \times 1.5}$$

$= 0.0588$A (Ans.)

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 1.5 V
অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 1.5 Ω
বহিঃস্থরোধ, R = 100 Ω
প্রতিটি সারিতে কোষ সংখ্যা, n = 4
সারি সংখ্যা, m = 3

ঘ বর্তনী-১ ও বর্তনী-২ এর মধ্যে যে বহিঃরোধের ক্ষমতা বেশি, ঐ বহিঃরোধ বেশি উত্তপ্ত হবে।

বর্তনী-১ হলো কোষের শ্রেণি সমবায়।
আমরা জানি, কোষের শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে প্রবাহ, $I_S = \frac{nE}{R + nr}$

$$= \frac{4 \times 1.5}{100 + 4 \times 1.5} = 0.0566 \text{ A}$$

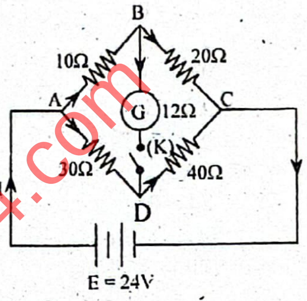
এখানে,
বহিঃস্থরোধ, R = 100 Ω
কোষের তড়িচ্চালক বল, E = 1.5 V
অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 1.5 Ω
শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত কোষ, n = 4

∴ চিত্র-১ এর বহিঃরোধের ক্ষমতা,
$P_1 = I_1^2 R = (0.0566)^2 \times 100 = 0.32$ W
'গ' নং হতে পাই, বর্তনী-২ এর প্রবাহ $I_2 = 0.0588$ A
চিত্র-২ এর বহিঃরোধের ক্ষমতা,
$P_2 = I_2^2 R = (0.0588)^2 \times 100 = 0.346$ W
দেখা যাচ্ছে, $P_2 > P_1$

সুতরাং বলা যায়, উভয় বর্তনীতে সমান সময় তড়িৎ চালনা করলে বর্তনী-2-এর বহিঃরোধ বেশি উত্তপ্ত হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৩

চিত্রটি লক্ষ করো।



ক. তড়িৎ প্রাবল্য কী? ১

খ. জলপ্রপাতের কিছু উপর হতে পানি পড়লে পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. চাবি (K) খোলা অবস্থায় ADC পথে প্রবাহের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চাবি বন্ধ করলে গ্যালভানোমিটার এর মধ্য দিয়ে গতিশীল প্রবাহ মূল প্রবাহের একতৃতীয়াংশ হবে কি না—গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

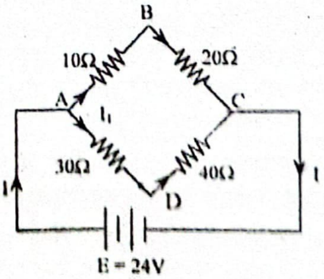
৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাই ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য।

খ তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র মেনে চলার কারণে জলপ্রপাতের কিছু ওপর হতে পানি পড়লে পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রানুযায়ী, কাজ W ও তাপ Q পরস্পরের সমানুপাতিক অর্থাৎ W = JQ। জলপ্রপাতের ওপরের পানির বিভবশক্তি নিচে থাকা পানির তুলনায় বেশি। ওপর থেকে পানি নিচে পড়ার সময় পানির বিভবশক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হতে থাকে। ভূপৃষ্ঠ স্পর্শ করার মুহূর্তে পানির গতিশক্তি কিছুটা তাপশক্তি ও শব্দশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই তাপশক্তি অর্জনের জন্য পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। জলপ্রপাতের যত উপর থেকে পানি পড়বে, পানির গতিশক্তি তত বেশি হবে এবং পানির তাপমাত্রা তত বেশি বৃদ্ধি পাবে।

গ চাবি (K) খোলা থাকলে বর্তনী থেকে গ্যালভানোমিটারটি বিচ্ছিন্ন থাকবে। এক্ষেত্রে বর্তনীটি হবে,

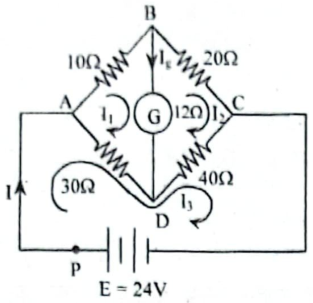


ADC পথে তড়িৎপ্রবাহ,

$$I_1 = \frac{E}{R_{ADC}} = \frac{24}{70}$$
$$= 0.343\text{A (Ans.)}$$

এখানে,
ADC পথে রোধ,
$R_{ADC} = 30\Omega + 40\Omega = 70\Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 24V$

ঘ চাবি (K) বন্ধ করলে বর্তনীটি নিম্নরূপ:



এখানে,
গ্যালভানোমিটারের রোধ,
$G = 12\Omega$

ধরি, ABDA লুপের প্রবাহ I_1, BCDB লুপের প্রবাহ I_2, ADCPA লুপের প্রবাহ I_3।

ABDA লুপের ক্ষেত্রে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,

$10I_1 + 12(I_1 - I_2) + 30\,(I_1 - I_3) = 0$

বা, $52I_1 - 12\,I_2 - 30I_3 = 0$..........(1)

অনুরূপভাবে, BCDB লুপের ক্ষেত্রে,

$20I_2 + 40(I_2 - I_3) + 12(I_2 - I_1) = 0$

বা, $-12I_1 + 72I_2 - 40I_3 = 0$............(2)

একইভাবে, ADCPA লুপের ক্ষেত্রে,

$30\,(I_3 - I_1) + 40\,(I_3 - I_2) - 24 = 0$

বা, $-30I_1 - 40I_2 + 70I_3 = 24$.........(3)

(1), (2) ও (3) নং সমীকরণ সমাধান করে পাই,

$I_1 = 0.843\text{A}, I_2 = 0.7787\text{A}, I_3 = 1.15\text{A}$

$\therefore$ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহ,

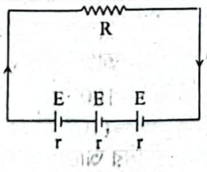
$$I_g = I_1 - I_2$$
$$= (0.843 - 0.7787)\text{ A} = 0.0643\text{A}$$

মূলপ্রবাহ, $I = I_3 = 1.15\text{A}$

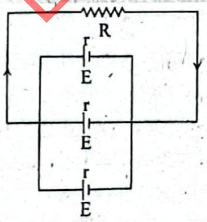
এখন, $\frac{I_g}{I} = \frac{0.0643}{1.15} = 0.056$ বা, $I_g = 0.056I \neq \frac{1}{3}I$

সুতরাং বলা যায়, চাবি বন্ধ করলে গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ মূল প্রবাহের এক তৃতীয়াংশ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৩



চিত্র-১



চিত্র-২

তড়িচ্চালক বল, $E = 3\text{ V}$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.2\,\Omega$ এবং

বহিঃরোধ, $R = 30\,\Omega$

ক. তাড়ন বেগের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহীর প্রবাহমাত্রা কমে যায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১নং বর্তনীতে মূল প্রবাহ বের করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কোন বর্তনীতে একক সময়ে অধিক শক্তি অপচয় হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড় বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে তাকে ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ বলে।

খ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পাবার কারণে এর প্রবাহমাত্রা কমে যায়।

আমরা জানি, তড়িৎ পরিবাহীতে বহু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে, পরিবাহীর দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্য দিয়ে যাবার সময় অণু-পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। ফলে পরিবাহীতে রোধের সৃষ্টি হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অতিরিক্ত শক্তি অর্জন করায় পরিবাহীর অণু-পরমাণুর স্পন্দন বেড়ে যায়, ফলে মুক্ত ইলেকট্রনের সাথে এদের সংঘর্ষ বৃদ্ধি পায়। এজন্য তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়। আবার $I = \frac{V}{R}$ সূত্রানুসারে, রোধ বৃদ্ধি পাওয়ায় তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর প্রবাহমাত্রা কমে যায়।

গ ১নং বর্তনীতে 3টি কোষ শ্রেণিতে যুক্ত রয়েছে। কোষের শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_s = \frac{nE}{R + nr}$$
$$= \frac{3 \times 3}{30 + 3 \times 0.2}$$
$$= 0.294\text{ A (Ans.)}$$

এখানে,
তড়িচ্চালক বল, $E = 3V$
অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.2\,\Omega$
বহিঃরোধ, $R = 30\,\Omega$
কোষের সংখ্যা, $n = 3$

ঘ আমরা জানি,

ব্যয়িত শক্তি, $W = E_{eq}It$

'গ' থেকে পাই, চিত্র-১ এর বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ $I_s = 0.294\text{ A}$ এবং তড়িৎচ্চালক বল $E_{eq} = mE = 3 \times 3 = 9\text{ V}$

$\therefore$ বর্তনীতে একক সময়ে ব্যয়িত শক্তি,

$$W_1 = E_{eq}I_s$$
$$= 9 \times 0.294 \times 1$$
$$= 2.646\text{ J}$$

এখানে,
রোধ, $R = 30\,\Omega$
সময়, $t = 1\text{ s}$
তড়িৎচ্চালক বল, $E = 3\text{ V}$
অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.2\,\Omega$
কোষের সংখ্যা, $m = 3$

চিত্র-২ এর বর্তনীতে 3টি কোষ সমান্তরালে যুক্ত রয়েছে। এক্ষেত্রে, কোষের সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_p = \frac{mE}{mR + r}$$
$$= \frac{3 \times 3}{3 \times 30 + 0.2} = 0.0998\text{ A}$$

চিত্র-২ এর বর্তনীতে তুল্য তড়িৎচ্চালক বল $E_{eq} = E = 3$

$\therefore$ বর্তনীটিতে একক সময়ে ব্যয়িত শক্তি,

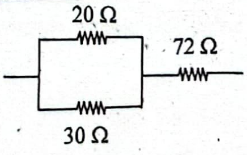
$$W_2 = E_{eq}I_pt$$
$$= 3 \times 0.0998 \times 1 = 0.2994\text{ J}$$

এখানে,
রোধ, $R = 30\,\Omega$
সময়, $t = 1\text{ s}$
তড়িৎচ্চালক বল, $E = 3\text{ V}$
অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.2\,\Omega$
কোষের সংখ্যা, $m = 3$

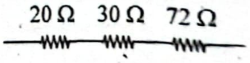
দেখা যাচ্ছে, $W_1 > W_2$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের আলোকে চিত্র-১ এর বর্তনীতে একক সময়ে অধিক শক্তি অপচয় হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৬



চিত্র-১: রোধের সমাবেশ



চিত্র-২: রোধের বিকল্প সমাবেশ

চিত্র-১ এর রোধের সমাবেশকে 12V তড়িৎ উৎসের সাথে যুক্ত করায় বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ শুরু হয়। সময়ের সাথে সাথে বর্তনীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং প্রবাহমাত্রা কমতে থাকে। কোনো এক পর্যায়ে প্রবাহমাত্রা $\frac{1}{7}$ Amp হয়।

[রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক, $\alpha = 0.05/°\text{C}$]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. প্রোটনসমূহ ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট হওয়া সত্ত্বেও নিউক্লিয়াস গঠিত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীর প্রবাহমাত্রা হ্রাস পেয়ে $\frac{1}{7}$ Amp হলে বর্তনীর তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পায়? নির্ণয় করো। ৩

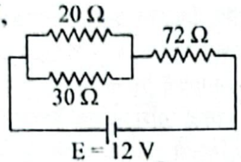
ঘ. বর্তনীর রোধগুলোর সমাবেশ চিত্র-২ এর মত হলে প্রবাহমাত্রার তাৎক্ষণিক কী পরিবর্তন হবে তার গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রন থাকে। এর মধ্যে প্রোটনসমূহ ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট এবং নিউট্রন চার্জবিহীন। তাই এক্ষেত্রে প্রোটন প্রোটন বিকর্ষণ বল কাজ করে। অপরদিকে নিউক্লিয়াসে নিউক্লিয় কণার পারস্পরিক দূরত্ব খুব কম হওয়ায় কণাগুলো পরস্পরের মধ্যে মেসন নামক এক কণিকা আদান-প্রদান করে। এর ফলে প্রোটন ও নিউট্রনের মধ্যে সবল নিউক্লিয় বল ক্রিয়া করে নিউক্লিয়নগুলোকে আবদ্ধ রাখে। এই সবল নিউক্লীয় বলের মান কুলম্ব বলের চেয়ে অনেক বেশি হওয়ায় প্রোটন-প্রোটন বিকর্ষণ বলের ক্রিয়াকে নাকচ করে দেয়। তাই নিউক্লিয়াস থেকে প্রোটন বেরিয়ে আসে না এজন্য প্রোটনসমূহ ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট হওয়া সত্ত্বেও নিউক্লিয়াস গঠিত হয়।

গ চিত্র-১ এর রোধের সমাবেশক 12 V তড়িৎ উৎসের সাথে যুক্ত করলে বর্তনীটি হবে,



বর্তনীতে 20 Ω, 30 Ω এর ২টি রোধ সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} \text{ বা, } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{12} \text{ বা, } R_p = 12\ \Omega$$

আবার, $R_p = 12\ \Omega$, ও $72\ \Omega$ রোধ শ্রেণিতে যুক্ত

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_p + 72 = (12 + 72)\ \Omega = 84\ \Omega$

ধরি, বর্তনীর রোধ R_0 হলে প্রবাহমাত্রা $\frac{1}{7}$ A হয়।

$$I = \frac{E}{R_0}$$

বা, $R_0 = \frac{E}{I} = \frac{12}{\frac{1}{7}} = 84\ \Omega$

এখানে,
প্রবাহ, $I = \frac{1}{7}$ A
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 12 V
রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক, $\alpha = 0.05/°C$
শুরুতে 0°C এ রোধ, $R_0 = 84\ \Omega$

আমরা জানি, θ°C তাপমাত্রায় রোধ R_θ হলে,

$R_\theta = R_0(1 + \alpha\theta)$

বা, $84 = 84(1 + \alpha\theta)$

বা, $1 = 1 + \alpha\theta$ বা, $\alpha\theta = 0$ বা, $\theta = \frac{0}{0.05} = 0°C$

∴ বর্তনীর তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। **(Ans.)**

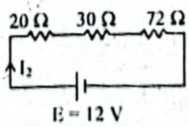
ঘ 'গ' থেকে পাই, চিত্র-'১' এর রোধের সমাবেশের তুল্যরোধ $R_{eq} = 84\ \Omega$

∴ চিত্র-১ এর সমাবেশের ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ, $I_1 = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{12}{84}$

$= \frac{1}{7}\text{ A} = 0.143\text{ A}$

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 12 V

চিত্র-২ এ রোধের সমাবেশের ক্ষেত্রে,



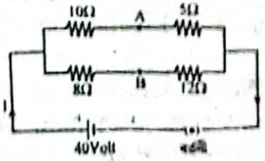
তুল্য রোধ, $R_s = (20\ \Omega + 30\ \Omega + 72\ \Omega)$
$= 122\ \Omega$

∴ চিত্র-২ এর ক্ষেত্রে প্রবাহ, $I_2 = \frac{E}{R_s} = \frac{12}{122} = 0.09836$ A

সুতরাং, বর্তনীর রোধগুলোর সমাবেশ চিত্র-২ এর মতো হলে প্রবাহমাত্রা হ্রাস পাবে, $\Delta I = I_1 - I_2 = 0.143 - 0.09836 = 0.0445$ A।

প্রশ্ন ▶ ৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৩

নিচের বর্তনীটি লক্ষ করো:



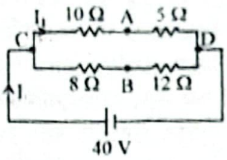
ক. প্রবাহ ঘনত্ব কাকে বলে? ১
খ. কোনো পরিবাহীর পরিবাহিতা 0.2 সিমেন্স বলতে কী বুঝায়? ২
গ. বর্তনীর A বিন্দুতে বিভব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বর্তনীকে 20°C তাপমাত্রার 2 kg পানিতে ডুবিয়ে 1 ঘণ্টা চালু রাখলে পানি বাষ্পীভূত হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের প্রতি একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎকে প্রবাহ ঘনত্ব বলে।

খ কোন পরিবাহকের পরিবাহীতা 0.2 সিমেন্স বলতে বোঝায় যে, ঐ পরিবাহকের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 1V হলে তার মধ্য দিয়ে 0.2A তড়িৎ প্রবাহ চলে। সিমেন্স পরিবাহীতার একক যা রোধের একক ওহম এর বিপরীত রাশি।

গ বর্তনীর CAD অংশের তুল্যরোধ,



$R_{CAD} = 10\ \Omega + 5\ \Omega = 15\ \Omega$

CAD অংশের প্রবাহ,

$$I_1 = \frac{E}{R_{CAD}} = \frac{40}{15} = \frac{8}{3}\text{ A}$$

C বিন্দুর বিভব, $V_C = 40$ V হলে,

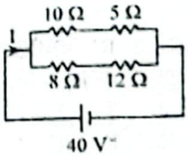
C ও A বিন্দুর বিভব পার্থক্য,

$V_{CA} = I_1 \times 10 = \frac{8}{3} \times 10 = 26.667$ V

এখানে,
C ও D বিন্দুর বিভব পার্থক্য
= বর্তনীর তড়িচ্চালক শক্তি,
E = 40 V

∴ A বিন্দুর বিভব, $V_A = V_C - V_{CA}$
$= (40 - 26.667)$ V
$= 13.333$ V (Ans.)

ঘ বর্তনীর শ্রেণিতে যুক্ত 10 Ω ও 5 Ω এর তুল্যরোধ, $R_1 = (10 + 5)\ \Omega = 15\ \Omega$



বর্তনীর শ্রেণিতে যুক্ত 8 Ω ও 12 Ω এর তুল্যরোধ, $R_2 = (8 + 12)\ \Omega = 20\ \Omega$

R_1 ও R_2 সমান্তরালে যুক্ত।

বর্তনীর তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{15} + \frac{1}{20} = \frac{7}{60}$$

∴ $R_p = \frac{60}{7}\ \Omega$

বর্তনীতে 1 ঘণ্টায় ব্যয়িত শক্তি,

$$W = \frac{V^2}{R_p}t = \frac{(40)^2}{\frac{60}{7}} \times 3600$$

$= 672000$ J

2 kg পানিকে 20°C থেকে 100 °C এ নিতে প্রয়োজনীয় তাপশক্তি,

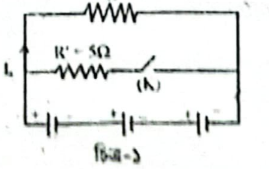
$H = mS\Delta\theta$
$= 2 \times 4200 \times 80$
$= 672000$ J

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, V = 40 V
সময়, t = 1 hr = 3600 s
পানির ভর, m = 2 kg
পানির আদি তাপমাত্রা,
$\theta_1 = 20°C$
শেষ তাপমাত্রা,
$\theta_2 = 100°C$ হলে,
$\Delta\theta = (100 - 20)°C = 80$ K
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$S = 4200\ \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

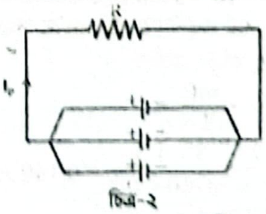
দেখা যাচ্ছে, W = H

সুতরাং বলা যায়, বর্তনীকে 20 °C তাপমাত্রায় 2 kg পানিতে ডুবিয়ে 1 ঘণ্টা চালু রাখলে পানির শেষ তাপমাত্রা 100°C হবে, অর্থাৎ 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হবে কিন্তু বাষ্পীভূত হবে না। পানিকে 100°C তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত করতে হলে বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ প্রয়োজন, যা ঐ নির্দিষ্ট সময়ে বর্তনী থেকে পাওয়া যাচ্ছে না।

প্রশ্ন ▶ ৯ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৩



চিত্র-১



চিত্র-২

বর্তনীতে উল্লিখিত প্রতিটি তড়িৎ কোষের মান 1.5 V। তড়িৎ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ 0.2Ω এবং বহিঃস্থ রোধ R = 10 Ω।

ক. আপেক্ষিক রোধ বলতে কী বুঝ? ১

খ. বর্তনীতে শান্টের ব্যবহার ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১নং বর্তনীতে চাবি বন্ধ অবস্থায় R' রোধের বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩

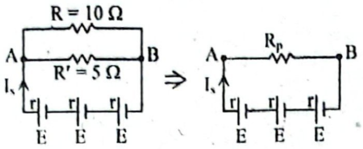
ঘ. চাবি খোলা অবস্থায় চিত্র-১ ও চিত্র-২ এর মধ্যে কোন ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা অধিক হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আপেক্ষিক রোধ বলতে বোঝায়– কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধই হলো ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ।

খ শান্ট হচ্ছে একটি স্বল্প মানের রোধ যা গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরালে যুক্ত করা হয়। এতে বর্তনীর মূল প্রবাহ দুটি অংশে বিভক্ত হয়ে কিছু অংশ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে এবং বাকি অংশ শান্টের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। গ্যালভানোমিটারের রোধ বেশি এবং শান্টের রোধ কম বলে গ্যাভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কম এবং শান্টের মধ্য দিয়ে বেশি তড়িৎ প্রবাহিত হয়। ফলে গ্যালভানোমিটার অতিরিক্ত প্রবাহজনিত ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা পায়।

গ ১নং বর্তনীতে 3টি কোষ শ্রেণিতে যুক্ত রয়েছে। চাবি বন্ধ থাকলে বর্তনীটি হবে—



R ও R' সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p}=\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}$$

$$=\frac{1}{10}+\frac{1}{5}=\frac{3}{10}$$

$$\therefore R_p=\frac{10}{3}\Omega=3.333\ \Omega$$

এখানে,
বহিঃস্থ রোধ, $R = 10\ \Omega$
প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 1.5$ V এবং
অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.2\ \Omega$
কোষের সংখ্যা, $n = 3$

কোষের শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে;

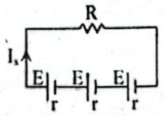
তড়িৎ প্রবাহ, $I_s=\frac{nE}{R_p+nr}$

$$=\frac{3\times1.5}{3.333+3\times0.2}=1.144\ \text{A}$$

$\therefore$ A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $V_{AB}=I_sR_p=(1.144\times3.333)\ \text{V}$
$=3.813$ V

$\therefore$ R' রোধের বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = 3.813$ V **(Ans.)**

ঘ চাবি খোলা থাকলে, চিত্র-১ এর বর্তনীটি হবে,



শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_s=\frac{nE}{R+nr}$$

$$=\frac{3\times1.5}{10+3\times0.2}=0.4245\ \text{A}$$

এখানে,
বহিঃস্থ রোধ; $R = 10\ \Omega$
প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 1.5$ V এবং
অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.2\ \Omega$
শ্রেণি সমবায়ে কোষের সংখ্যা, $n = 3$
সমান্তরাল সমবায়ে কোষের সংখ্যা, $m = 3$

চিত্র-২ এর বর্তনীতে 3টি কোষ সমান্তরালে যুক্ত।
এক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_p=\frac{mE}{mR+r}$$

$$=\frac{3\times1.5}{3\times10+0.2}=0.149\ \text{A}$$

দেখা যাচ্ছে, $I_s > I_p$

সুতরাং বলা যায়, চাবি খোলা অবস্থায় চিত্র-১ এর বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা চিত্র-২ এর বর্তনীর চেয়ে অধিক হবে।

প্রশ্ন ▶ ১০ যশোর বোর্ড ২০২৪ ।

ইলেকট্রিসিটি ল্যাবরেটরিতে একটি মিটার ব্রিজের একটি ফাঁকে এবং অপর ফাঁকে 3Ω রোধ সংযুক্ত আছে। শিক্ষার্থীরা নিস্পন্দ বিন্দু মাঝখানে পেতে চাচ্ছে।

ক. কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণ কাকে বলে?

খ. ডায়োডে তড়িৎ একদিকে প্রবাহিত হয় কেন? ব্যাখ্যা কর

গ. নিস্পন্দ বিন্দু কোথায় পাওয়া যাবে? নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপক অনুযায়ী শিক্ষার্থীদের উদ্দেশ্য সফল করার জন্য কী পদক্ষেপ নেওয়া যেতে পারে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক উত্তর দাও।

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আদর্শ কৃষ্ণবস্তু সকল তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরণ শোষণ করে। একে উত্তপ্ত করলে এটি সকল তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরণ নিঃসরণ করে। এই কৃষ্ণবস্তু থেকে নিঃসৃত বিকিরণকেই কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণ বলে।

খ এসি উৎসের অর্ধচক্রে p-n জাংশন বা ডায়োডটি যখন সম্মুখী ঝোঁকে থাকে তখন ডায়োডের p প্রান্ত উৎসের ধনাত্মক প্রান্ত এবং n-প্রান্ত উৎসের ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে। ফলে p প্রান্তের হোল n প্রান্তের দিকে এবং n প্রান্তের ইলেকট্রন p প্রান্তের দিকে ধাবিত হয় বলে সম্মুখী ঝোঁকে ডায়োডে তড়িৎ প্রবাহ হয়। কিন্তু এসি তড়িৎ উৎসের বাকি অর্ধচক্রে জাংশন বা ডায়োডটি যখন বিমুখী ঝোঁকে থাকে তখন ডায়োডের p প্রান্ত উৎসের ঋণাত্মক প্রান্ত এবং n প্রান্ত উৎসের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে। ফলে p ও n প্রান্তের যথাক্রমে হোল ও ইলেকট্রন উৎসের দিকে ধাবিত হয় এবং তাদের মধ্যবর্তী ডিপ্লেশন লেয়ার বৃদ্ধি পায়। তাই বিমুখী ঝোঁকে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। এজন্য ডায়োডে তড়িৎ একদিকে প্রবাহিত হয়।

গ ধরি, বাম ফাঁকের P = 2Ω থেকে l cm. দূরে নিস্পন্দ বিন্দু পাওয়া যাবে।

আমরা জানি, মিটার ব্রিজের ক্ষেত্রে,

$$\frac{P}{Q}=\frac{l}{100-l}$$

এখানে,
ধরি, মিটার ব্রিজের বাম ফাঁকের রোধ, $P = 2\ \Omega$
ডান ফাঁকের রোধ, $Q = 3\ \Omega$

বা, $\frac{2}{3}=\frac{l}{100-l}$ বা, $200-2l=3l$

বা, $200=5l$ বা, $l=\frac{200}{5}=40$ cm

$\therefore$ 2Ω রোধ হতে থেকে 40 cm দূরে নিস্পন্দ বিন্দু পাওয়া যাবে। **(Ans.)**

ঘ ধরি, বাম ফাঁকের রোধ, P = 2Ω ঠিক রেখে ডান ফাঁকে রোধ Q' হলে নিস্পন্দ বিন্দু ঠিক মাঝখানে পাওয়া যাবে।

$$\frac{P}{Q'}=\frac{l}{100-l}$$

বা, $\frac{2}{Q'}=\frac{50}{100-50}=1$

$\therefore Q'=2\ \Omega$

দেখা যাচ্ছে, $Q' < Q$

এখানে,
ধরি,
বাম ফাঁকের রোধ, $P = 2\ \Omega$
ডান ফাঁকের রোধ, $Q = 3\ \Omega$
নিস্পন্দ বিন্দু মধ্যবিন্দুতে পেলে, $l = 50$

$\therefore$ ধরি, Q রোধের সাথে সমান্তরালে S রোধ লাগালে তুল্য রোধ Q' = Ω হবে। এখন, $\frac{1}{Q'}=\frac{1}{Q}+\frac{1}{S}$

বা, $\frac{1}{2}=\frac{1}{3}+\frac{1}{S}$

বা, $\frac{1}{S}=\frac{1}{2}-\frac{1}{3}=\frac{1}{6}\ \therefore S=6\ \Omega$

$\therefore$ বাম ফাঁকে 2 Ω ঠিক রেখে অপর ফাঁকে 3 Ω এর সাথে সমান্তরালে S = 6 Ω লাগালে নিস্পন্দ বিন্দু মাঝখানে পাওয়া যাবে।

অথবা,

আবার ধরি, ডান ফাঁকের Q = 3 Ω ঠিক রেখে বাম ফাঁকে রোধ P' হলে নিস্পন্দ বিন্দু ঠিক মাঝখানে পাওয়া যাবে।

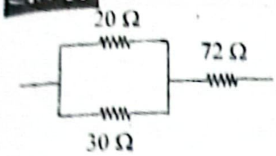
আমরা জানি, $\frac{P'}{Q}=\frac{l}{100-l}$ বা, $\frac{P'}{3}=\frac{50}{100-50}=1\ \therefore P'=3\ \Omega$

দেখা যাচ্ছে, $P' > P'$

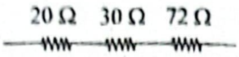
$\therefore$ P = 2Ω এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে $R = P' - P\ \therefore P = 2\Omega - 1\Omega$

$\therefore$ ডানফাঁকে Q = 3Ω ঠিক রেখে বাম ফাঁকে 2Ω এর সাথে শ্রেণিতে R = 1Ω রোধ লাগালে নিস্পন্দ বিন্দু মাঝখানে পাওয়া যায়।

প্রশ্ন ▶ ১১ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৬



চিত্র-১: রোধের সমাবেশ



চিত্র-২: রোধের বিকল্প সমাবেশ

চিত্র-১ এর রোধের সমাবেশকে 12 V তড়িৎ উৎসের সাথে যুক্ত করায় বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ শুরু হয়। সময়ের সাথে সাথে বর্তনীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং প্রবাহমাত্রা কমতে থাকে। কোনো এক পর্যায়ে প্রবাহমাত্রা $\frac{1}{7}$ Amp হয়। রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক 0.05/°C।

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. একটি ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরের সকল বিন্দুতে বিভব সমান— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীর প্রবাহমাত্রা হ্রাস পেয়ে $\frac{1}{7}$ Amp হলে বর্তনীর তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পায়? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বর্তনীর রোধগুলোর সমাবেশ চিত্র-২ এর মত হলে প্রবাহমাত্রার তাৎক্ষণিক কী পরিবর্তন হবে তার গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

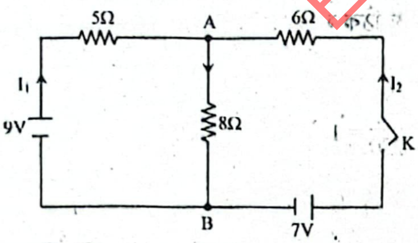
খ গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব V_o এবং পৃষ্ঠের বিভব V হলে, পৃষ্ঠ ও গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুর বিভব পার্থক্য $V - V_o$।
আমরা জানি,
বিভব পার্থক্য = প্রাবল্য × দূরত্ব
বা, $V - V_o = 0$ [গোলকের অভ্যন্তরে চার্জ না থাকায় প্রাবল্য $E = 0$]
বা, $V = V_o$
অর্থাৎ, গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ১২ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৩

নিচের বর্তনীটি লক্ষ করো:



ক. তড়িৎ পরিবাহিতা কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চাবি K খোলা (OFF) অবস্থায় AB এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

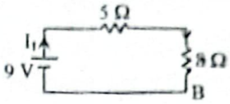
ঘ. চাবি K বন্ধ (ON) এবং খোলা (OFF) অবস্থায় AB এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পদার্থের তড়িৎ পরিবহনের ক্ষমতাকে ঐ পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতা বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় যার ফলে পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ চাবি K খোলা অবস্থায় বর্তনীতে শুধুমাত্র 5Ω এবং 8Ω রোধ কার্যকর A হবে।



এখানে, 5Ω ও 8Ω শ্রেণিতে যুক্ত।

এদের তুল্যরোধ, $R_s = 5\ \Omega + 8\ \Omega = 13\ \Omega$

বর্তনীর রোধ দুটি শ্রেণিতে সংযুক্ত থাকায় বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ এবং AB এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ একই হবে।

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 9\ V$

∴ AB এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_1 = \frac{E}{R_s} = \frac{9\ V}{13\ \Omega}$$
$$= 0.6923\ A\ \textbf{(Ans.)}$$

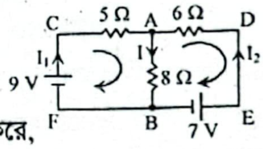
ঘ 'গ' থেকে পাই, চাবি K খোলা অবস্থায় বর্তনীর প্রবাহ,
$I_1 = 0.6923\ A$

এখানে,
A ও B বিন্দুর রোধ, $R_{AB} = 8\ \Omega$

∴ A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য,

$$V_{AB} = I_1 \times R_{AB}$$
$$= 0.6923 \times 8$$
$$= 5.5385\ V$$

চাবি K বন্ধ (ON) অবস্থায়, বর্তনীটি হবে

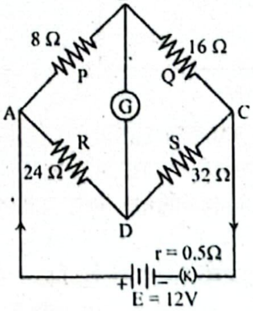


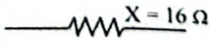
A বিন্দুতে কির্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে,
$I = I_1 + I_2$
বা, $I - I_1 - I_2 = 0$ ……… (1)
CABFC লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,
$5I_1 + 8I - 9 = 0$
বা, $8I + 5I_1 = 9$ ……… (2)
আবার, ADEBA লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,
$-6I_2 + 7 - 8I = 0$
বা, $8I + 6I_2 = 7$ ……… (3)
(1), (2) ও (3) নং সমীকরণ সমাধান করে পাই,
$I = 0.754\ A,\ I_1 = 0.593\ A,\ I_2 = 0.161\ A$
∴ A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = IR_{AB} = 0.754 \times 8$
$= 6.032\ V$

দেখা যাচ্ছে, $V'_{AB} > V_{AB}$ এবং এদের পার্থক্য $\Delta V = V'_{AB} - V_{AB} = (6.032 - 5.5385)\ V$
$= 0.4935\ V$

সুতরাং বলা যায়, চাবি K বন্ধ অবস্থায় AB এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য চাবি K খোলা অবস্থায় AB এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের চেয়ে 0.4935 V বেশি।

প্রশ্ন ▶ ১৩ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৩, ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৪





ক. 1 কুলম্ব চার্জের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. বর্তনীতে কোষের তড়িচ্চালক বল সম্পূর্ণ কার্যকর হয় না কেন?— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গ্যালভানোমিটার বিচ্ছিন্ন অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের 'X'Ω রোধটি, ব্রিজে প্রদত্ত কোনো একটি রোধের সাথে ব্যবহার করে সাম্যবস্থা সৃষ্টি সম্ভব কিনা? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমমানের চার্জ শূন্য মাধ্যমে 1 মিটার দূরে অবস্থান করে পরস্পরের ওপর 9×10^9 N বল প্রয়োগ করলে ঐ চার্জ দুটির প্রত্যেককে 1 কুলম্ব চার্জ বলে।

খ বর্তনীতে কোষের তড়িচ্চালক বল সম্পূর্ণ কার্যকর হয় না কারণ তড়িৎ উৎসের অভ্যন্তরীণ রোধের কারণে কিছু বিভব পতন হয়। প্রত্যেক তড়িৎ উৎসের মধ্যেই কিছু না কিছু রোধ থাকে যা তড়িৎ প্রবাহকে বাধা দেয়। একে উৎসের অভ্যন্তরীণ রোধ বলে। অভ্যন্তরীণ রোধ বহিঃস্থ রোধের সাথে শ্রেণিতে সংযুক্ত থাকে। বর্তনীর তড়িচ্চালক বল E, বহিঃস্থ রোধ R এবং অভ্যন্তরীণ রোধ r হলে,

বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ, $I = \frac{E}{R + r}$

অর্থাৎ, $E = RI + rI = V + V'$

এখানে, $RI = V$ হচ্ছে বহিঃস্থ রোধের বিভব পার্থক্য যা মূলত কার্যকর তড়িচ্চালক বল। আর $V' = Ir$ হলো বিভব পতন, যা অকার্যকর তড়িৎচ্চালক বল।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.6936 A।

ঘ দেওয়া আছে, $P = 8\ \Omega$, $Q = 16\ \Omega$, $R = 24\ \Omega$

$S = 32\ \Omega$

এবং $X = 16\ \Omega$

সাম্যাবস্থা সৃষ্টির জন্য, $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ হতে হবে।

এই শর্ত পূরণ করতে হলে, S এর রোধের মানের পরিবর্তন করতে হবে। ধরে নিই, তা S'।

এখন, $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S'}$

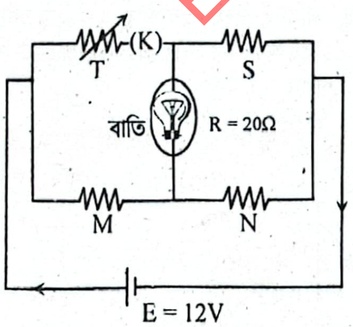
বা, $S' = \frac{QR}{P} = \frac{16 \times 24}{8} = 48\ \Omega$

যেখানে, S এর মান $32\ \Omega$

∴ S এর সাথে 'X' Ω অর্থাৎ 16 Ω শ্রেণিতে যুক্ত করলে তা (32 + 16) বা 48 Ω (S') এর সমান হবে।

∴ 'X' রোধটিকে S এর সাথে শ্রেণীতে যুক্ত করে সাম্যাবস্থা সৃষ্টি সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ১৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৩



M, N এবং S তিনটি রোধ যাদের মান যথাক্রমে 18 Ω, 36 Ω এবং 40 Ω। T রোধটি পরিবর্তনশীল। প্রাথমিক অবস্থায় চাবি K টি খোলা রেখে বাতিটিতে 2 sec সময়ে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

- ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১
- খ. একই মানের কোষের সমান্তরাল সমবায়ে সর্বোচ্চ পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়ার ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ রোধ কীরূপ হওয়া প্রয়োজন? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. ১ম ক্ষেত্রে চাবি খোলা অবস্থায় উৎপন্ন তাপের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. চাবিটি বন্ধ হওয়ায় পরিবর্তনশীল 'T' রোধকে কী অবস্থা অবলম্বন করলে উৎস থাকা সত্ত্বেও বাতিটি নিভে যাবে? সঠিক বর্তনী চিত্র অংকনপূর্বক গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ একই মানের কোষের সমান্তরাল সমবায়ে সর্বোচ্চ পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়ার ক্ষেত্রে বহিঃস্থ রোধের তুলনায় অভ্যন্তরীণ রোধের মান যথেষ্ট বড় হওয়া প্রয়োজন।

একই মানের কোষের সমান্তরাল সমবায়ে তড়িৎপ্রবাহ, $I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$

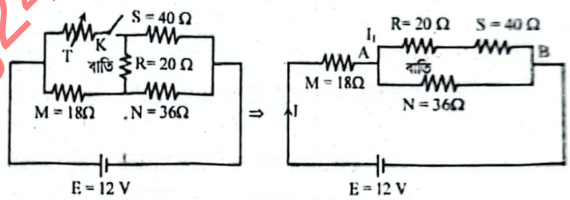
যেখানে, E হচ্ছে প্রতিটি তড়িৎ উৎসের তড়িচ্চালক বল, R হচ্ছে বহিঃস্থ রোধ, r অভ্যন্তরীণ রোধ এবং n হচ্ছে তড়িৎ উৎসের সংখ্যা।

এখানে, R এর মান যদি $\frac{r}{n}$ এর থেকে অনেক ছোট হয় অর্থাৎ যদি $R << \frac{r}{n}$ হয়, তবে R কে উপেক্ষা করে সমীকরণটিকে লিখা যায়।

$I = \frac{E}{\frac{r}{n}}$ বা, $I = n\frac{E}{r}$

যেখানে, $\frac{E}{r}$ হচ্ছে বর্তনীতে একটি মাত্র কোষ থাকা অবস্থায় তড়িৎপ্রবাহ। সমান্তরাল সমবায়ে এর n গুণ তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া যাবে। সুতরাং, একই মানের কোষের সমান্তরাল সমবায়ে সর্বোচ্চ পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়ার ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ রোধ, বহিঃস্থ রোধ অপেক্ষা অনেক বেশি হওয়া প্রয়োজন।

গ ১ম ক্ষেত্রে, চাবি খোলা অবস্থায় বর্তনীটিতে হবে,



এখন, R ও S শ্রেণিতে যুক্ত, এদের তুল্যরোধ,

$R_s = R + S = (20 + 40) = 60\ \Omega$

আবার, R_s ও N সমান্তরালে যুক্ত।

এদের তুল্যরোধ R_p হলে, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{N}$

এখানে,
$M = 18\ \Omega$
$R = 20\ \Omega$
$N = 36\ \Omega$
$S = 40\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12$ V

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{60} + \frac{1}{36} = \frac{2}{45}$

$\therefore R_p = \frac{45}{2} = 22.5\ \Omega$

এখন, যেহেতু M ও R_p শ্রেণিতে যুক্ত

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_{eq} = M + R_p = (18 + 22.5) = 40.5\ \Omega$

∴ তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{12}{40.5} = 0.2963$A

∴ A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য $V_{AB} = IR_p = 0.2963 \times 22.5$

$= 6.667$ V

এখন, বাতির তড়িৎ প্রবাহ, $I_1 = \frac{V_{AB}}{R + S} = \frac{6.667}{20 + 40} = 0.111$ A

সুতরাং, 2 s সময়ে বাতিতে উৎপন্ন তাপশক্তি,

$W_1 = Pt = I_1^2Rt$

$= (0.111)^2 \times 20 \times 2$

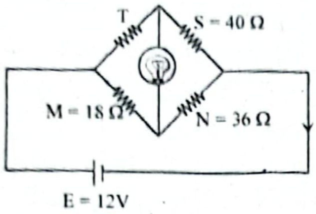
$= 0.4938$ J **(Ans.)**

এখানে,
বাতির রোধ, $R = 20\ \Omega$
সময়, $t = 2$ s

ঘ চাবিটি বন্ধ থাকা অবস্থায় এবং উৎস থাকা সত্ত্বেও বাতিটি নিভে যাবে অথবা বাতিটির মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎপ্রবাহ হবে না যদি $\frac{T}{S} = \frac{M}{N}$ হয়।

বর্তনীটিকে আমরা হুইস্টোন ব্রিজের সাথে তুলনা করতে পারি।

র্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



টি সাম্যাবস্থায় আসবে যদি

$\frac{M}{N}$

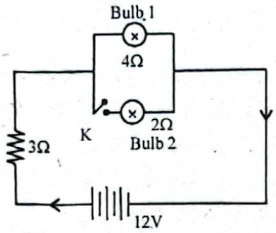
$T = \frac{18}{36} \times 40 \therefore T = 20\ \Omega$

এখানে,
M = 18Ω
N = 36Ω
S = 40Ω

রিবর্তনশীল 'T' রোধের মান 20Ω রাখলে উৎস থাকা সত্ত্বেও টি নিভে যাবে।

১৫ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৩

কটি লক্ষ করো—



ক. গাউসের সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. সংবেদনশীল বৈদ্যুতিক যন্ত্রে শান্টের ব্যবহার জরুরি কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চাবি K খোলা অবস্থায় 3Ω রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চাবি K অন অবস্থায় বর্তনীর কোন বাল্বটি বেশি তাপশক্তি উৎপন্ন করবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

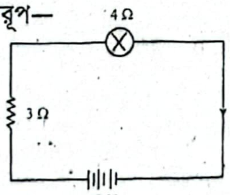
১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট ং ফ্লাক্সের ϵ_0 গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

গ্যালভানোমিটার বা অ্যামিটারের মত অত্যন্ত সুবেদী যন্ত্রগুলোর মধ্য প্রবাহমাত্রা সীমা অতিক্রম করলে যন্ত্রের কুন্ডলীটি পুড়ে যায় এবং টি ক্ষতিগ্রস্ত হয়। এসব যন্ত্রকে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

গ্যালভানোমিটারের সমান্তরালে ব্যবহার করার ফলে তড়িৎপ্রবাহ টি সহজ পথ খুঁজে পায় এবং অধিকাংশ প্রবাহ শান্টের মধ্য দিয়ে ত হয়। ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহজনিত সৃষ্ট তাপে গ্যালভানোমিটার নষ্ট র সম্ভাবনা থাকে না।

বি K খোলা অবস্থায় বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



নে,
 এর রোধ ও 4 Ω এর বাল্ব শ্রেণিতে যুক্ত।
রোধ, $R = (3 + 4)\ \Omega = 7\ \Omega$
র্তনীর তড়িৎপ্রবাহ, $I = \frac{V}{R} = \frac{12}{7}$ A
Ω এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য $= IR_3 = \frac{12}{7} \times 3$ V
$= 5.14$ V **(Ans.)**

বি K অন অবস্থায়,
দুইটি সমান্তরাল সমবায়ে অবস্থিত,
সমবায়ের তুল্যরোধ, $R_p = \frac{4 \times 2}{4 + 2} = \frac{4}{3}$
রোধ, $R = 3 + R_p = 3 + \frac{4}{3} = \frac{13}{3}\ \Omega$

বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ, $I = \frac{V}{R} = \frac{12}{\frac{13}{3}} = 2.77$ A

বাল্ব দুইটির দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V_p = IR_p = 2.77 \times \frac{4}{3}$ V
$= 3.69$ V

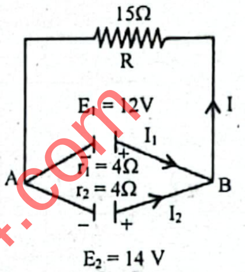
ধরি, t সময় বাল্ব দুটি জ্বালানো রয়েছে।

$\therefore$ Bulb 1 এ উৎপন্ন তাপশক্তি, $W_1 = \frac{V^2}{R_1} \times t$
$= \frac{(3.69)^2}{4} \times t = 3.40\ t$

$\therefore$ Bulb 2 এ উৎপন্ন তাপশক্তি, $W_2 = \frac{V^2}{R_2} \times t$
$= \frac{(3.69)^2}{2} \times t = 6.81t$

যেহেতু, $W_2 > W_1$। সুতরাং Bulb 2 বেশি তাপশক্তি উৎপন্ন করবে।

প্রশ্ন ▸ ১৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৩



ক. কির্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি বিবৃতি কর। ১

খ. ম্যাঙ্গানিজের রোধের উষ্ণতা সহগ $3 \times 10^{-5}K^{-1}$ বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকে বর্তনীর I_1 নির্ণয় করো। ৩

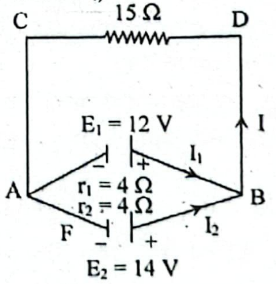
ঘ. উদ্দীপকে কোষ দুটিকে কীভাবে যুক্ত করলে বহিঃরোধে তাপ উৎপন্ন অধিক হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কির্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ ম্যাঙ্গানিজের রোধের উষ্ণতা সহগ $3 \times 10^{-5}K^{-1}$ বলতে বোঝায় যে, 0°C তাপমাত্রায় 1Ω রোধবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজের তারের তাপমাত্রা 1K বাড়ালে এর রোধ $3 \times 10^{-5}\Omega$ বৃদ্ধি পায়।

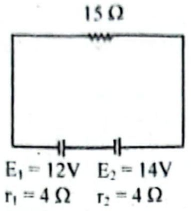
গ B বিন্দুতে কার্শফের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,



$I = I_1 + I_2$
বা, $I - I_1 - I_2 = 0$ ....(i)
BDCAB লুপের ক্ষেত্রে,
$15I - 12 + 4I_1 = 0$
বা, $15I + 4I_1 = 12$ ....(ii)
AFBA লুপের ক্ষেত্রে,
$-14 + 4I_2 + 12 - 4I_1 = 0$
বা, $-4I_1 + 4I_2 = 2$.................(iii)
(i), (ii) এবং (iii) সমাধান করে পাই,
$I = 0.765$ A, $I_1 = 0.132$ A ও $I_2 = 0.63$ A
$\therefore$ উদ্দীপকের বর্তনীর $I_1 = 0.132$ A **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই,
15 Ω রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান, I = 0.765 A।
$\therefore$ এক্ষেত্রে উৎপন্ন তাপ হয়ে, $W_1 = I^2Rt$ [t হলো নির্দিষ্ট সময়]
$= (0.765)^2 \times 15 \times t$
$= 8.772t$ J

এখন, উদ্দীপকের কোষ দুটিকে সমান্তরালে না রেখে শ্রেণীতে যুক্ত করলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



∴ বর্তনীটির মোট তড়িচ্চালক বল, $E = E_1 + E_2 = (12 + 14)\ V = 26\ V$

∴ 15 Ω এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ,

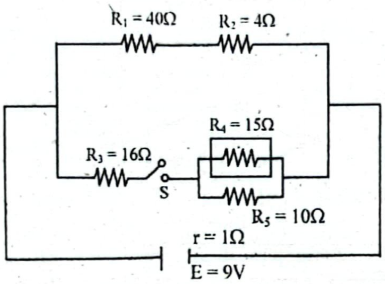
$$I' = \frac{E}{R + r_1 + r_2} = \frac{26}{15 + 4 + 4} = 1.13\ A$$

∴ এক্ষেত্রে বহিঃরোধে উৎপন্ন তাপ, $W_2 = I'^2Rt = (1.13)^2 \times 15 \times t$
$= 19.1535\ t\ J$

$\therefore W_2 > W_1$

∴ কোষ দুটিকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে বহিঃরোধে উৎপন্ন তাপ অধিক হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন নং ৩



ক. মিটার ব্রিজ কী? ১

খ. কোনো বাতির গায়ে '100 W – 220V' লেখা আছে বলতে কী বুঝ? ২

গ. বর্তনীর চাবি S খোলা অবস্থায় মূল প্রবাহ মাত্রা কত? ৩

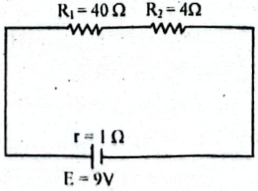
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটির চাবি S বন্ধ অবস্থায় 10 min তড়িৎ প্রবাহ চালনার ফলে R_4 রোধের ফিউজটি গলে যাবে কি? তোমার উত্তর গাণিতিক বিশ্লেষণে দাও। [ফিউজটি 300 J তাপে গলে যাবে] ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্র দ্বারা এক মিটার লম্বা সুষম প্রস্থচ্ছেদের একটি তারকে কাজে লাগিয়ে হুইটস্টোন ব্রীজের নীতি ব্যবহার করে অজানা রোধ নির্ণয় করা হয় তাই মিটার ব্রিজ।

খ একটি বৈদ্যুতিক বাতির গায়ে 100W-220V লেখা আছে। এর অর্থ হলো বাতিটি 220V বিভব পার্থক্যে সর্বোচ্চ 100W ক্ষমতায় জ্বলবে এবং বাতিটি প্রতি সেকেন্ডে 100J বিদ্যুৎশক্তিকে আলোকশক্তি ও তাপশক্তিতে রূপান্তরিত করবে।

গ বর্তনীর চাবি S খোলা অবস্থায় বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—

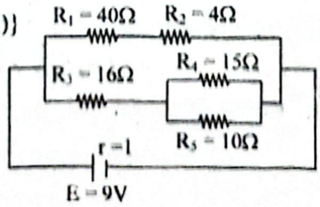


বর্তনীটির তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_1 + R_2 + r$
$= (40 + 4 + 1)\ \Omega$
$= 45\ \Omega$

∴ বর্তনীর মূল প্রবাহ মাত্রা, $I = \frac{E}{R_{eq}}$

$= \frac{9}{45} = 0.2A$ **(Ans.)**

ঘ R_1, R_2, R_3, R_4 ও R_5 রোধগুলোর তুল্যরোধ,



$R'_1 = (R_1 + R_2) \parallel \{R_3 + (R_4 \parallel R_5)\}$
$= (40 + 4) \parallel \{16 + (15 \parallel 10)\}$
$= 44 \parallel (16 + 6)$
$= \frac{44 \times 22}{44 + 22} = \frac{44}{3}\ \Omega$

∴ R'_1 এর দুইপ্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$$V_{P_1} = \frac{R_1'}{R_1' + r} \times E = \frac{\frac{44}{3}}{\frac{44}{3} + 1} \times 9 = 8.426\ V$$

R_3, R_4 ও R_5 এর তুল্যরোধ, $R'_2 = R_3 + (R_4 \parallel R_5)$
$= 16 + (15 \parallel 10)$
$= 16 + \frac{15 \times 10}{15 + 10} = 22\ \Omega$

∴ R_4 ও R_5 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$$V = V_{P_1} - \frac{R_3}{R_2'} \times V_{P_1} = 8.426 - \frac{16}{22} \times 8.426 = 2.298\ V$$

R_4 এর মধ্য দিয়ে তাপশক্তি উৎপন্ন হবে, $W = \frac{V^2}{R_4} \times t$
$= \frac{(2.298)^2}{15} \times (10 \times 60)$
$= 211.23\ J$

যেহেতু ফিউজটি 300 J তাপে গলে এবং 211.23 J < 300 J, সুত ফিউজটি গলবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▌ প্রশ্ন ন

12.5Ω রোধের একটি তারকে টেনে দ্বিগুণ করে একটি হিটারের কু তৈরি করে এতে 220V সরবরাহ লাইনে যুক্ত করা হলো। কু 30°C এর পানিতে নিমজ্জিত করে 305 sec বিদ্যুৎ চালনা করা হ ধরে নিতে হবে সম্পূর্ণ তড়িৎ শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়েছে।

ক. কার্শফের ২য় সূত্র বিবৃত করো।

খ. শান্টের রোধ শূন্য বা অসীম কোনটিও নয়— ব্যাখ্যা করো।

গ. উদ্দীপকের তারটির দৈর্ঘ্য 12.5 cm ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্র 0.1 cm² হলে উপাদানের আপেক্ষিক রোধ কত?

ঘ. উদ্দীপকের পানি কি ফুটবে? তোমার উত্তর গাণিতিক বিশ্লে দাও।

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মো তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের ম দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণি যোগফলের সমান।

খ শান্টের রোধ শূন্য হলে সকল বিদ্যুৎ প্রবাহ শান্টের মধ্যে দি যাবে। আবার শান্টের রোধ অসীম হলে সকল প্রবাহ গ্যালভানোমিটারে মধ্যে দিয়ে যাবে। অর্থাৎ শান্টের রোধ শূন্য বা অসীম কোনটিই হয় ন বরং শান্টের রোধ এমনভাবে নির্বাচন করা হয়, যাতে গ্যালভানোমি বা অ্যামিটারের তড়িৎ পরিমাপের ক্ষমতা কয়েক গুণ বৃদ্ধি পায়।

গ

আমরা জানি,

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

বা, $\rho = R \times \frac{A}{l}$

$= 12.5 \times \frac{0.1 \times 10^{-4}}{0.125}\ \Omega m$

$= 1 \times 10^{-3}\ \Omega m$ **(Ans.)**

এখানে, তারটির রোধ,
$R = 12.5\ \Omega$
তারটির দৈর্ঘ্য, $l = 12.5\ cm$
$= 0.125\ m$
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,
$A = 0.1\ cm^2 = 0.1 \times 10^{-4}\ m^2$
উপাদানের আপেক্ষিক রোধ, $\rho =$

ঘ আয়তন অপরিবর্তিত থাকে বলে,

$A'L' = AL$

বা, $A' = \frac{AL}{L'}$ বা, $A' = \frac{AL}{2L}$

$\therefore A' = \frac{A}{2}$

এখানে,
তারের রোধ, $R = 12.5\ \Omega$
নতুন দৈর্ঘ্য, $L' = 2L$
নতুন ক্ষেত্রফল $= A'$

নতুন রোধ, $R' = \frac{\rho L'}{A'} = \frac{\rho.2L}{\frac{A}{2}} = 4\frac{\rho L}{A} = 4R = 4 \times 12.5 = 50\ \Omega$

V সরবরাহ লাইনের সাথে যুক্ত করলে 305 sec এ উৎপন্ন শক্তি,

$= \frac{V^2}{R'} \times t = \frac{220^2}{50} \times 305 \text{ J} = 295.24 \times 10^3 \text{ J}$

পানির পরিমাণ m = 1 kg। 30°C তাপমাত্রার পানিকে 100°C মাত্রার পানিতে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ Q হলে,

জানি,

$Q = ms\Delta\theta$

$= 1 \times 4200 \times 70$

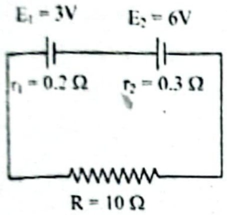
$= 294 \times 10^3$ J

$Q < W$

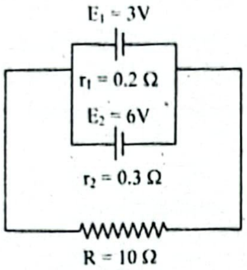
এখানে,
তাপমাত্রার পরিবর্তন
$\Delta\theta = (100 - 30) = 70$ K
পানির আপেক্ষিক তাপ
$s = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

220 V এর সরবরাহ লাইন দ্বারা উৎপন্ন তাপশক্তির মান 1kg কে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করতে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণের র বেশি। সুতরাং উদ্দীপকের পানি ফুটবে।

▶ ১৯ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৪



বর্তনী-১



বর্তনী-২

ক. শান্ট কাকে বলে? ১

খ. নিকেলের রোধের উষ্ণতা সহগ 6×10^{-3} °C^{-1} বলতে কী বুঝ? ২

গ. বর্তনী-১ এর বহিঃরোধ R এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোষের সমবায়ের ধরন পরিবর্তনের ফলে বহিঃরোধ R এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন হয়— বর্তনী-১ ও বর্তনী-২ এর আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ গিয়ে একে নষ্ট হতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে যুক্ত করা হয়, তাকে শান্ট বলে।

খ নিকেলের রোধের উষ্ণতা সহগ 6×10^{-3} °C^{-1} বলতে বোঝায় যে °C তাপমাত্রায় 1 Ω রোধবিশিষ্ট নিকেলের তারের তাপমাত্রা 1°C হলে এর রোধ 6×10^{-3} Ω বৃদ্ধি পায়।

গ বর্তনী-১ অনুযায়ী বর্তনীর তড়িচ্চালক বল, $E = E_1 + E_2 = (3 + 6)$ = 9V

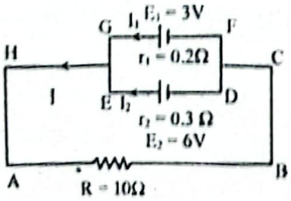
রোধ, $R_{eq} = r_1 + r_2 + R$
$= (0.2 + 0.3 + 10)\Omega = 10.5\ \Omega$

R এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{9}{10.5}$ A
$= 0.86$ A (Ans.)

ঘ 'গ' নং হতে বর্তনী-১ এর তুল্য তড়িচ্চালক বল, E = 9 V

R এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V_1 = \frac{10}{0.2 + 0.3 + 10} \times 9$
$= 8.57$ V

নী-২ এ তড়িৎপ্রবাহ দিলে বর্তনীটি দেখতে নিম্নরূপ হবে—



র্শফের প্রথম সূত্র অনুযায়ী,
$I = I_1 + I_2$
বা, $I - I_1 - I_2 = 0$ ....(i)

ABCDEH লুপের ক্ষেত্রে,
$10I - 6 + 0.3I_2 = 0$
বা, $10I + 0.3I_2 = 6$ ....(ii)

ABCFGH লুপের ক্ষেত্রে,
$10I - 3 + 0.2I_1 = 0$
বা, $10I + 0.2I_1 = 3$ ....(iii)

(i), (ii) এবং (iii) সমাধান করে পাই,
$I = 0.415$ A, $I_1 = -5.75$ A, $I_2 = 6.166$ A

∴ বহিঃরোধ R এর দুইপ্রান্তের বিভব, $V_2 = IR = (0.415 \times 10)$V
$= 4.15$ V

দেখা যাচ্ছে, $V_1 \neq V_2$

∴ কোষের সমবায়ের ধরন পরিবর্তনের ফলে বহিঃরোধ R এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন হয়।

প্রশ্ন ▶ ২০ যশোর বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৪

90 Ω রোধের একটি গ্যালভানোমিটারের সাথে 1 Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত আছে। বর্তনীর মূল প্রবাহ 3 A. এই গ্যালভানোমিটার দ্বারা 3 A এর অধিক তড়িৎ প্রবাহ মাপা সম্ভব।

ক. কার্শফের প্রথম সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. তামার আপেক্ষিক রোধ $1.56 \times 10^{-8}\ \Omega$ m বলতে কী বুঝায়? ২

গ. উদ্দীপকে 1 Ω রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িতের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে 30 A তড়িৎপ্রবাহ মাপা সম্ভব? ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ, যেকোনো সংযোগ বিন্দুতে $\sum i = 0$।

খ তামার আপেক্ষিক রোধ $1.56 \times 10^{-8}\ \Omega$ m বলতে বুঝায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 1m বাহু বিশিষ্ট 1m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তামার তারের রোধ হবে $1.56 \times 10^{-8}\ \Omega$।

গ

1 Ω রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ,

$I_s = \frac{G}{G + S} \times I$

$= \frac{90}{90 + 1} \times 3$ A

$= 2.97$ A (Ans.)

এখানে,
গ্যালভানোমিটারের রোধ,
G = 90 Ω
শান্ট, S = 1 Ω
বর্তনীর মূল প্রবাহ, I = 3 A

ঘ

$\therefore n = \frac{I_2}{I_1} = \frac{30}{3} = 10$

শান্ট ব্যবহার করতে হবে,

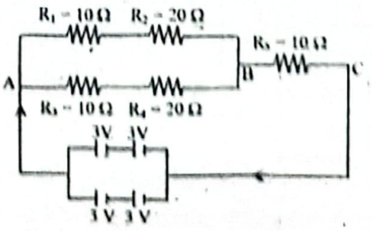
$S = \frac{G}{n - 1}$

$= \frac{90}{10 - 1} = 10\ \Omega$

এখানে,
গ্যালভানোমিটারের রোধ, G = 90 Ω
তড়িৎপ্রবাহ মাপতে পারে, $I_1 = 3$ A
তড়িৎপ্রবাহ মাপতে হবে, $I_2 = 30$ A

∴ গ্যালভানোমিটারের সাথে 10 Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে। গ্যালভানোমিটারের সাথে 1 Ω রোধ সমান্তরালে আছে। সুতরাং সমান্তরালে থাকা রোধের সাথে (10 − 1) = 9 Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে 30 A তড়িৎ প্রবাহ মাপা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ২১ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৩



ক. ধারকত্ব কী? ১

খ. কোনো বস্তুতে চার্জের মান নিরবচ্ছিন্ন হতে পারে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীর AB অংশের বিভব পার্থক্য কত? ৩

ঘ. R_5 রোধ অপসারণ করে বর্তনী সম্পূর্ণ করলে মূল প্রবাহের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাই ঐ পরিবাহীর বা ধারকের তড়িৎ ধারকত্ব বা সংক্ষেপে ধারকত্ব।

খ কোনো বস্তুতে চার্জের মান নিরবচ্ছিন্ন হতে পারে না। অর্থাৎ চার্জের একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান আছে যা অপেক্ষা কম মানের চার্জ পাওয়া সম্ভব নয়। যেকোনো চার্জিত বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ ঐ ন্যূনতম চার্জের অখণ্ড গুণিতক, একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে। এই ন্যূনতম চার্জকে e দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোনো বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণকে লিখা যায়,

$q = ne$. এখানে, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$..................

গ বর্তনীটির তুল্য তড়িচ্চালক বল, $E = (3 + 3)V = 6$ V

AB অংশের তুল্যরোধ, $R_{AB} = (R_1 + R_2) \parallel (R_3 + R_4)$

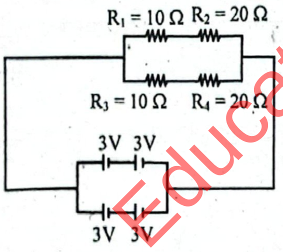
$$= (10 + 20) \parallel (10 + 20)\ \Omega$$

$$= 30 \parallel 30 = \frac{30 \times 30}{30 + 30} = 15\ \Omega$$

$\therefore$ AB অংশের বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = \frac{15}{15 + 10} \times 6$

$$= 3.6 \text{ V } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ R_5 রোধ অপসারণ করলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



বর্তনীটি তুল্য তড়িচ্চালক বল, $E = 6V$

তুল্যরোধ, $R = (R_1 + R_2) \parallel (R_3 + R_4)$

$$= (10 + 20) \parallel (10 + 20)\ \Omega = 15\ \Omega$$

এক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ, $I' = \frac{E}{R'} = \frac{6}{15}$ A $= 0.4$ A

R_5 অপসারণ না করলে,

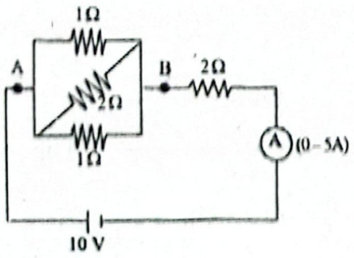
তুল্যরোধ, $R = (R' + 10)\ \Omega = (15 + 10)\ \Omega = 25\ \Omega$

$\therefore$ এক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R} = \frac{6}{25}$ A $= 0.24$ A

$\therefore$ তড়িৎপ্রবাহের পরিবর্তন হবে $(0.4 - 0.24)$ A $= 0.16$ A

অতএব, R_5 রোধ অপসারণ করে বর্তনী সম্পূর্ণ করলে মূল প্রবাহ পূর্বের তুলনায় 0.16 A বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ২২ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▌ প্রশ্ন নং ৩



সংযুক্ত অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রোধ 0.5 Ω.

ক. তড়িৎ দ্বিপোল কী?

খ. কেন চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য ও বিভব উভয়ই শূন্য

গ. বর্তনীর A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী বিভব পার্থক্য নির্ণয় করো।

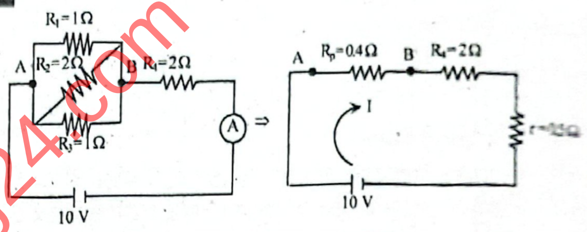
ঘ. বর্তনীর 2 Ω রোধটি অপসারণ করলে অ্যামিটারের পরিবর্তনে প্রবাহমাত্রা পরিমাপ করা যাবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু হলো তড়িৎ দ্বিপোল।

খ চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয়, কারণ চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে কোনো তড়িৎ বলরেখা থাকে না। কিন্তু চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব শূন্য হয় না। কারণ, অসীম থেকে গোলকের পৃষ্ঠ পর্যন্ত ধনাত্মক চার্জকে আনতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয়, পৃষ্ঠ থেকে গোলকের কেন্দ্রে আনতেও একই পরিমাণ কাজ করতে হয়। তাই গোলকের কেন্দ্রে বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান যার মান শূন্য নয়। তাই চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হলেও বিভব শূন্য নয়।

গ



এখানে, R_1, R_2, R_3 পরস্পরের সাথে সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1} = \frac{5}{2}$$

$$\therefore R_p = \frac{2}{5} = 0.4\ \Omega$$

এখানে,
$R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$,
$R_3 = 1\ \Omega$, $R_4 = 2\ \Omega$
অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.5\ \Omega$
বিভব পার্থক্য, $V = 10$ V

R_p এর সাথে R_4 ও r শ্রেণি সংযোগে থাকায় বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_p + R_4 + r = (0.4 + 2 + 0.5)\ \Omega = 2.9\ \Omega$

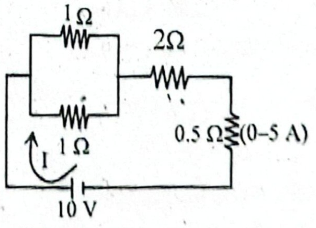
তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{10}{2.9} = 3.448$ A

$\therefore$ A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী রোধ R_p হওয়ায় বর্তনীর A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী বিভব পার্থক্য,

$$V_{AB} = IR_P = 3.448 \times 0.4 = 1.379 \text{ V } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ সমান্তরালে সংযুক্ত 2 Ω রোধটি অপসারণ করলে:

এক্ষেত্রে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ:



এখানে;
বিভব পার্থক্য, $V = 10$ V
অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রোধ
$r = 0.5\ \Omega$

এখানে, তুল্যরোধ, $R'_{eq} = \{(1 \parallel 1) + 2 + 0.5\}$

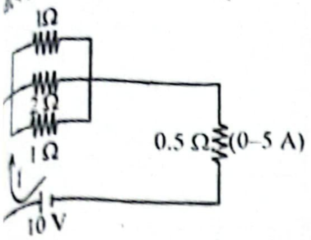
$$= \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1}\right)^{-1} + 2.5 = (0.5 + 2.5)\ \Omega = 3\ \Omega$$

তড়িৎপ্রবাহ, $I' = \frac{V}{R'_{eq}} = \frac{10}{3} = 3\ \Omega = 3.33$ A

দেখা যাচ্ছে, সমান্তরালে সংযুক্ত 2Ω রোধ অপসারণে অ্যামিটারের প্রবাহ 3.33 A যা (0–5A) সীমার মধ্যে। এজন্য, এক্ষেত্রে অ্যামিটারের কোনো পরিবর্তন প্রয়োজন হবে না।

শ্রেণিতে সংযুক্ত 2 Ω রোধটি অপসারণ করলে:

ক্ষেত্রে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



এখানে, বর্তনীর তুল্যরোধ R_{eq} হলে,

$$R_{eq} = \{(1 \parallel 2 \parallel 1) + 0.5\}$$
$$= \left\{\left(\frac{1}{1}+\frac{1}{2}+\frac{1}{1}\right)^{-1} + 0.5\right\}$$
$$= 0.4 + 0.5 = 0.9\ \Omega$$

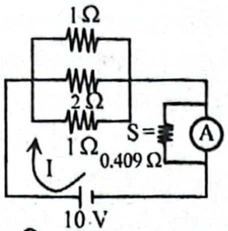
র তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{10}{0.9} = 11.11$ A

যাচ্ছে, শ্রেণিতে সংযুক্ত 2 Ω রোধ অপসারণে অ্যামিটারের প্রবাহ 11.11 A যা (0–5 A) সীমার বাইরে। এক্ষেত্রে অ্যামিটারের দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহমাত্রা কমাতে হবে। তাই প্রবাহমাত্রা মাপের জন্য অ্যামিটারের সাথে সমান্তরালে শান্ট যুক্ত করতে হবে। টারের পাল্লা বাড়াতে হবে,

$$= \frac{11.11}{5} = 2.222$$

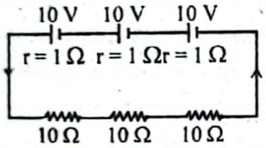
রাং, শান্টের মান S হলে,

$$= \frac{r}{n-1} = \frac{0.5}{2.222-1}$$
$$= 0.409\ \Omega$$

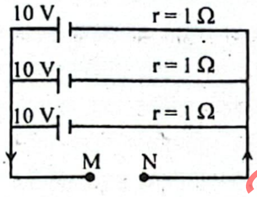


রাং, বর্তনীর শ্রেণিতে যুক্ত 2 Ω রোধটি অপসারণ করলে অ্যামিটারের 0.409 Ω মানের শান্ট সমান্তরালে যুক্ত করলে প্রবাহমাত্রা পরিমাপ যাবে। কিন্তু সমান্তরালে যুক্ত 2 Ω রোধটি অপসারণের ক্ষেত্রে এমন নো ব্যবস্থা নেওয়ার প্রয়োজন নেই।

▶২৩ **ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৩**



চিত্র–১



চিত্র–২

ক. তড়িৎ প্রবাহের জন্য তাপ উৎপাদন সংক্রান্ত জুলের সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. হারানো ভোল্টের মান 2 V বলতে কী বুঝো? ২

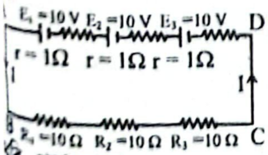
গ. চিত্র–১ হতে কির্শফের সূত্রের সাহায্যে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চিত্র–২ এ M ও N প্রান্তে চিত্র–১ এ ব্যবহৃত তিনটি রোধককেই কীভাবে বর্তনী সংযোগ দেয়া হলে সর্বোচ্চ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া সম্ভব? বর্তনী চিত্রসহ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

তড়িৎ প্রবাহের জন্য তাপ উৎপাদন সংক্রান্ত জুলের সূত্রটি হলো— বাহীর রোধ (R) ও প্রবাহকাল (t) অপরিবর্তিত থাকলে তড়িৎ হের ফলে উৎপন্ন তাপ তড়িৎ প্রবাহের (i) বর্গের সমানুপাতিক।

কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের জন্য প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য তড়িচ্চালক র চেয়ে কিছুটা কমে যায়। এই পার্থক্যকে হারানো ভোল্ট বা নষ্ট বলে। এটি বহিঃবর্তনীতে কোনো কাজে আসে না বরং নষ্ট হয়। নো ভোল্টের মান 2V বলতে বোঝায় যে, কোষের তড়িচ্চালক শক্তি প্রান্তীয় বিভব পার্থক্যের ব্যবধান 2V। আবার, +1C আধানকে ষের ভেতর একপ্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে নিতে কৃতকাজ 2J হলে, এর হারানো ভোল্টের মান 2V হবে।



, প্রবাহমাত্রা I।

CDA আবদ্ধ বর্তনীতে র্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

এখানে,
তড়িৎ কোষগুলোর তড়িচ্চালক শক্তি,
$E_1 = E_2 = E_3 = 10$ V
তড়িৎ কোষগুলোর অভ্যন্তরীণ রোধ,
r = 1 Ω
শ্রেণি সংযোগে যুক্ত রোধগুলোর মান,
$R_1 = R_2 = R_3 = 10\ \Omega$

$$IR_1 + IR_2 + IR_3 + Ir - E_3 + Ir - E_2 + Ir - E_1 = 0$$

বা, $I(R_1 + R_2' + R_3 + r + r + r) = E_1 + E_2 + E_3$

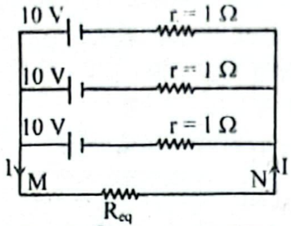
বা, $I(R_1 + R_2 + R_3 + 3r) = E_1 + E_2 + E_3$

বা, $I = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_3 + 3r}$

বা, $I = \frac{10 + 10 + 10}{10 + 10 + 10 + 3 \times 1} = \frac{30}{30 + 3} = 0.909$ A

∴ চিত্র-১ এ বর্তনীর প্রবাহমাত্রা 0.909 A **(Ans.)**

ঘ



চিত্র-২ এ E = 10 V মানের 3টি কোষ সমান্তরালে যুক্ত।

r = 1 Ω এর 3টি রোধ সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ r_p হলে,

$$\frac{1}{r_p} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = 3 \therefore r_p = \frac{1}{3}$$

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 10 V
অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 1 Ω
কোষের সংখ্যা, m = 3

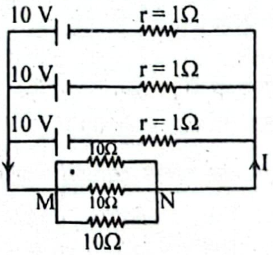
M ও N প্রান্তের তুল্যরোধ R_{eq} হলে,

বর্তনীর প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq} + r_p}$

বা, $I = \frac{10}{R_{eq} + \frac{1}{3}}$ .... (i)

[∵ 3টি কোষ সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্য তড়িচ্চালক শক্তি, E = 10 V]

(i) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায়, R_{eq} এর মান যত কম হবে, তড়িৎ প্রবাহ, I এর মান তত বেশি হবে। বাহ্যিক রোধ R_{eq} এর মান সর্বনিম্ন হবে যদি চিত্র-১ এ ব্যবহৃত 10 Ω এর 3টি রোধকে সমান্তরালে সাজানো হয়। ফলে I এর মান সর্বোচ্চ হবে। তখন বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



এখানে, 10 Ω 3টি রোধ সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_{eq} হলে,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10}$$

$$\therefore R_{eq} = \frac{10}{3}\ \Omega$$

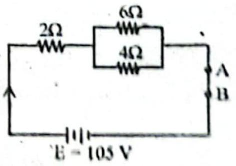
এখন, (i) নং সমীকরণ থেকে আমরা পাই, $I = \frac{10}{\frac{10}{3} + \frac{1}{3}} = \frac{30}{11}$ A

$$= 2.727 \text{ A}$$

সুতরাং, চিত্র-২ এ M ও N প্রান্তে চিত্র-১ এ ব্যবহৃত তিনটি রোধকেই পরস্পরের সাথে সমান্তরালে সংযোগ দেওয়া হলে সর্বোচ্চ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া সম্ভব এবং সর্বোচ্চ তড়িৎ প্রবাহ, I = 2.727 A

প্রশ্ন ▶২৪ **রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৩**

বর্তনীটি লক্ষ করো:



ক. ডোপিং কী? ১

খ. বর্তনীতে ফিউজ ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 10 সেকেন্ডে 2 Ω এ উৎপন্ন তাপের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

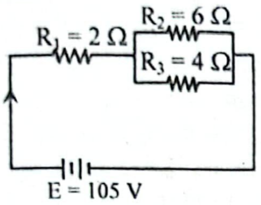
ঘ. A ও B বিন্দুর মধ্যে '40 W – 100 V' এর একটি বাল্ব শ্রেণিতে স্থাপন করলে ইহা পূর্ণ উজ্জ্বলতার সাথে জ্বলবে কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ তড়িৎ বর্তনীতে সাধারণত তামা, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর তার বেশি ব্যবহৃত হয়। এদের একটি নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক আছে। ফলে শর্ট-সার্কিট বা অন্যান্য কারণে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পেলে তারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং এটি বৈদ্যুতিক তারের গলনাঙ্কে পৌঁছে গিয়ে ভয়ঙ্কর বিপদ ঘটাতে পারে। তবে এটিই প্রকৃত বিপদ নয়। এক্ষেত্রে গৃহ বা কলকারখানার যন্ত্রপাতি নষ্ট হয়ে যায়, এমনকি অগ্নিকাণ্ডের মতো দুর্ঘটনাও ঘটে থাকে। বৈদ্যুতিক ফিউজের তারের গলনাঙ্ক অনেক কম হওয়ায় বিদ্যুৎ প্রবাহ সামান্য বৃদ্ধি পেলে এই তার গলে গিয়ে বর্তনীর সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে দেয়। তাই এই বিপদ প্রতিরোধ করার জন্য বর্তনীতে ফিউজ ব্যবহার করা হয়।

গ উদ্দীপকের বর্তনীটি:



এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 105$ V
এবং রোধ,
$R_1 = 2\ \Omega$
$R_2 = 6\ \Omega$
$R_3 = 4\ \Omega$
বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = ?$
$2\ \Omega$ এর মধ্য দিয়ে উৎপন্ন তাপ, $H = ?$

R_2 ও R_3 সমান্তরালে থাকায় এদের তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{5}{12}$$

$\therefore R_p = 2.4\ \Omega$

$\therefore R_p$ এর সাথে R_1 শ্রেণি সংযোগে থাকায় বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_1 + R_p = 2 + 2.4 = 4.4\ \Omega$

বর্তনীর মূলপ্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}}$ বা, $I = \frac{105}{4.4} = 23.86$ A

10 s এ $2\ \Omega$ রোধে উৎপন্ন তাপ, $H = I^2R_1t$

$$= (23.86)^2 \times 2 \times 10$$
$$= 11385.992 \text{ J } \textbf{(Ans.)}$$

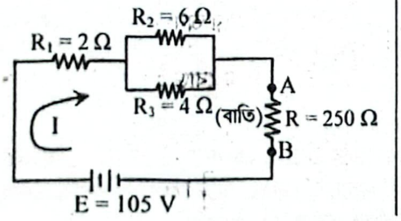
ঘ 40 W – 100 V বাতির ফিলামেন্টের রোধ R হলে,

আমরা জানি, $P = \frac{V^2}{R}$

বা, $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(100)^2}{40} = 250\ \Omega$

এখানে,
ক্ষমতা, $P = 40$ W
বিভব পার্থক্য, $V = 100$ V

A ও B বিন্দুর মধ্যে '40W – 100V' এর বাল্বটি শ্রেণিতে স্থাপন করলে বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে।



এখানে,
$R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 6\ \Omega$,
$R_3 = 4\ \Omega$
বাতির রোধ, $R = 250\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি,
$E = 105$ V

R_2 ও R_3 সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{5}{12}$$

$\therefore R_p = \frac{12}{5} = 2.4\ \Omega$

এখন, R_1, R_p ও R শ্রেণিতে যুক্ত।

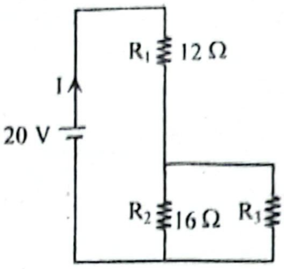
সুতরাং, বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_1 + R_p + R = (2 + 2.4 + 250)\ \Omega$
$= 254.4\ \Omega$

বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{105}{254.4} = 0.4127$ A

বাতির ক্ষমতা P' হলে, $P' = I^2R$
$= (0.4127)^2 \times 250 = 42.58$ W

দেখা যাচ্ছে, A ও B বিন্দুর মধ্যে বাল্বটি শ্রেণিতে স্থাপন করলে এর ক্ষমতা হবে 42.58 W যা বাল্বের প্রকৃত ক্ষমতা 40 W থেকে বেশি। তাই বলা যায়, বাল্বটি পূর্ণ উজ্জ্বলতার সাথে জ্বলবে।

প্রশ্ন ▶ ২৫ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন



ক. কির্শফের ২য় সূত্রটি বিবৃত করো।
খ. তড়িৎবাহী পরিবাহক চার্জিত হয় কি? ব্যাখ্যা করো।
গ. বর্তনীটিতে তড়িৎ প্রবাহ I এর মান নির্ণয় করো।
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর R_1 এবং R_2 এর যদি পারস্পরিক স্থান পরিবর্তন করা হয় তাহলে R_3 রোধে তাপজনিত শক্তি ক্ষয়ের হারের পরিমাণ একই থাকবে কি? গাণিতিকভাবে যাচাইপূর্বক তোমার মতামত লিখো।

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কির্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বদ্ধ বর্তনীর অন্তর্গত নেট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ চার্জিত হওয়া মানে কোনো বস্তুতে ইলেকট্রন ও প্রোটন সংখ্যার পার্থক্য থাকা। যদি ইলেকট্রন সংখ্যা প্রোটনের চেয়ে কম হয়, তবে বস্তুটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত। আর ইলেকট্রন সংখ্যা প্রোটনের চেয়ে বেশি হলে বস্তুটি ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত হয়। তড়িৎবাহী পরিবাহককে ঘর্ষণের দ্বারা সহজে চার্জিত করা যায় না। তবে তড়িৎ আবেশ প্রক্রিয়ায় পরিবাহককে চার্জিত করা যায়। পরিবাহক পদার্থের মধ্য দিয়ে সহজেই ইলেকট্রন পরিবাহিত হতে পারে। এজন্য তড়িৎবাহী পরিবাহক পদার্থ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত হয়।

গ উদ্দীপক অনুসারে, রোধ R_2 ও R_3 সমান্তরাল সমবায় গঠন করে এবং R_2 ও R_3 এর সমবায় R_1 এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত হয়।

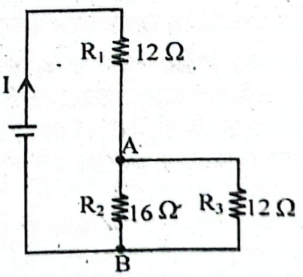
$\therefore$ বর্তনীর তুল্য রোধ,

$$R_{eq} = R_1 + (R_2 \parallel R_3)$$
$$= 12 + \left(\frac{1}{16} + \frac{1}{12}\right)^{-1}$$
$$= 12 + 6.86 = 18.86\ \Omega$$

দেওয়া আছে,
$R_1 = 12\ \Omega$
$R_2 = 16\ \Omega$, $R_3 = 3\ \Omega$
তড়িচ্চালক বল, $E = 20$ V
বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = ?$

$\therefore$ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{20}{18.86} = 1.06$ A **(Ans.)**

ঘ



'গ' থেকে আমরা পাই, R_2 ও R_3 এর তুল্যরোধ, $R_p = 6.86\ \Omega$

বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = 18.86\ \Omega$

বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = 1.06$ A

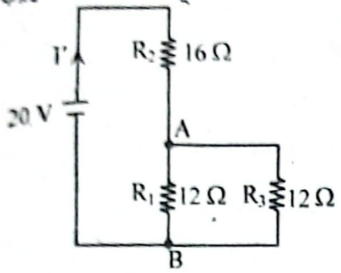
R_2 ও R_3 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য

$V_{AB} = IR_p = 1.06 \times 6.86 = 7.272$ V

$\therefore R_3$ রোধে তাপজনিত শক্তি ক্ষয় P হলে,

$$P = \frac{(V_{AB})^2}{R_3} = \frac{(7.272)^2}{12} = 4.4068 \text{ W}$$

এখন, উদ্দীপকের বর্তনীর R_1 ও R_2 এর পারস্পরিক স্থান পরিবর্তন করলে বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে।



বর্তনীতে R_1 ও R_3 সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R'_p হলে,

$$\frac{1}{R'_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{1}{6}$$

$\therefore R'_p = 6\,\Omega$

R_2 ও R'_p শ্রেণি সংযোগে রয়েছে।

সুতরাং বর্তনীর তুল্যরোধ, $R'_{eq} = R_2 + R'_p = 16\,\Omega + 6\,\Omega = 22\,\Omega$

$\therefore$ তড়িৎপ্রবাহ, $I' = \frac{E}{R'_{eq}} = \frac{20}{22} = 0.909$ A

এখন, R_1 ও R_3 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$V'_{AB} = I'R'_p = 0.909 \times 6 = 5.4545$ V

$\therefore R_3$ রোধে তাপজনিত শক্তি ক্ষয় P' হলে,

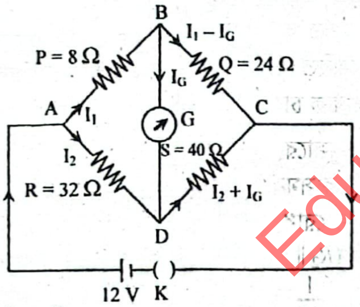
$$P' = \frac{(V'_{AB})^2}{R_3} = \frac{(5.4545)^2}{12} = 2.479 \text{ W}$$

দেখা যাচ্ছে, $P > P'$ এবং $\frac{P}{P'} = \frac{4.4068}{2.479} = 1.777$

$\therefore P = 1.777P'$ বা, $P' = \frac{1}{1.777}P = 0.563P$

সুতরাং বলা যায় যে, বর্তনীর R_1 ও R_2 পারস্পরিক স্থান পরিবর্তন করলে R_3 রোধে তাপজনিত শক্তি ক্ষয়ের হারের পরিমাণ একই থাকবে না, বরং কমে যাবে এবং তা পূর্বের 0.563 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৬ **কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৩**



ক. মিটার ব্রীজ কী? ১

খ. শান্ট কীভাবে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করে? ২

গ. DC বাহুতে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা লাভ করবে? ৩

ঘ. গ্যালভানোমিটারের নিঃস্পন্দ অবস্থায় ABC এবং ADC অংশের প্রবাহমাত্রার অনুপাত এবং রোধের অনুপাত একই হবে কি? গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্র দ্বারা এক মিটার লম্বা সুষম প্রস্থচ্ছেদের একটি তারকে কাজে লাগিয়ে হুইটস্টোন ব্রীজের নীতি ব্যবহার করে অজানা রোধ নির্ণয় করা হয় তা-ই মিটার ব্রীজ।

খ অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে একটি অল্প মানের রোধ শান্ট হিসেবে সংযুক্ত করা হয়। এর ফলে মূল প্রবাহ দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে যায় এবং শান্টের রোধ কম হওয়ায় এর ভেতর দিয়ে বেশি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে অল্প পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়। এভাবে শান্ট অতিরিক্ত তড়িৎপ্রবাহ থেকে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করে।

গ আমরা জানি,
সাম্যাবস্থায়, হুইটস্টোন ব্রীজ নীতি অনুসারে,

$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S'}$

বা, $S' = \frac{Q}{P} \times R$

বা, $S' = \frac{24}{8} \times 32$ $\therefore S' = 96\,\Omega$

এখানে,
রোধ, $P = 8\,\Omega$
$Q = 24\,\Omega$
$R = 32\,\Omega$
$S = 40\,\Omega$
সাম্যাবস্থার জন্য CD অংশে প্রয়োজনীয় রোধ, $S' = ?$

অর্থাৎ, ব্রিজটি সাম্যাবস্থা লাভ করতে হলে S রোধের চেয়ে বেশি মানের রোধ লাগবে।

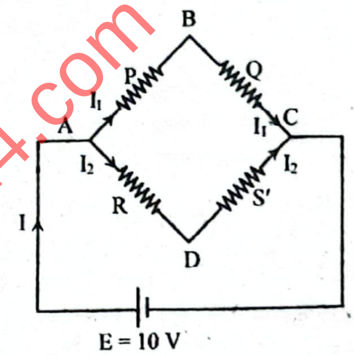
ধরি, S রোধের সাথে x মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে।

সুতরাং, $S' = S + x$ বা, $x = S' - S = 96 - 40 = 56\,\Omega$

$\therefore x = 56\,\Omega$

অতএব, DC বাহুর রোধের সাথে 56 Ω মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থা লাভ করবে। **(Ans.)**

ঘ গ্যালভানোমিটারে নিঃস্পন্দ অবস্থায়, $I_G = 0$ A এবং বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে—



এখানে, নিঃস্পন্দ অবস্থায় আমরা পাই,

$E = I_1(P + Q) = I_2(R + S')$

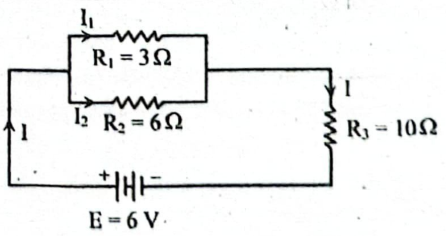
বা, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R + S'}{P + Q} = \frac{32 + 96}{8 + 24} = 4$

ABC ও ADC অংশের রোধ যথাক্রমে R_1 ও R_2 হলে,

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{P + Q}{R + S'} = \frac{8 + 24}{32 + 96} = \frac{1}{4}$

অতএব, বলা যাবে, গ্যালভানোমিটারের নিঃস্পন্দ অবস্থায় ABC এবং ADC অংশের প্রবাহমাত্রার অনুপাত এবং রোধের অনুপাত একই হবে না।

প্রশ্ন ▸ ২৭ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৫**



ক. তাড়ন বেগ কী? ১

খ. তড়িচ্চালক শক্তি ও বিভব পার্থক্যের মধ্যে পার্থক্য লেখো। ২

গ. বর্তনীর প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. R_3 এর সাথে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে এর ভেতর দিয়ে R_1 এর সমান প্রবাহ পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

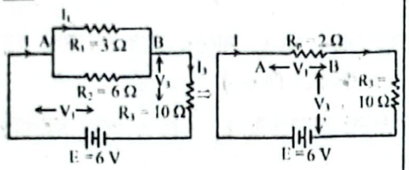
ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড়বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে তা-ই তাড়ন বেগ।

খ তড়িচ্চালক শক্তি ও বিভব পার্থক্যের মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো–

তড়িচ্চালক শক্তি	বিভব পার্থক্য
নিম্ন বিভব প্রান্ত থেকে উচ্চ বিভব প্রান্তে একক ধনাত্মক চার্জ জমা করতে উৎসের ব্যয়িত শক্তি হচ্ছে এর তড়িচ্চালক শক্তি।	পরিবাহীর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ চলাকালে এর যে কোনো বিন্দু থেকে অন্য কোনো বিন্দুতে একক ধনাত্মক চার্জ নিতে ব্যয়িত শক্তি হচ্ছে ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য।
তড়িচ্চালক শক্তি হচ্ছে কোনো বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহের মূল চালিকা শক্তি।	বিভব পার্থক্য হচ্ছে বর্তনীর যে কোনো দুই বিন্দুর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের কারণ।

গ ২৫ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.5A।

ঘ



এখানে,
$R_1 = 3\,\Omega$, $R_2 = 6\,\Omega$,
$R_3 = 10\,\Omega$
'গ' থেকে পাই,
R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ,
$R_p = 2\,\Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 6 V

ধরি,
R_1 রোধ এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V_1 ও তড়িৎ প্রবাহ I_1
R_3 রোধ এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V_3 ও তড়িৎ প্রবাহ I_3
R_1 ও R_3 এর তড়িৎ প্রবাহ সমান হলে, $I_1 = I_3$

বা, $\frac{V_1}{R_1} = \frac{V_3}{R_3}\ [\because I = \frac{V}{R}]$

বা, $\frac{V_1}{3} = \frac{V_3}{10}$ বা, $V_3 = \frac{10}{3}V_1$

এখন, বর্তনীতে তড়িচ্চালক শক্তি, $E = V_1 + V_3$

বা, $6 = V_1 + \frac{10}{3}V_1$

বা, $18 = 3V_1 + 10V_1$ বা, $13V_1 = 18\ \therefore V_1 = \frac{18}{13}V$

বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ I হলে, $V_1 = IR_p$

বা, $\frac{18}{13} = I \times 2\ \therefore I = \frac{9}{13}A$

বর্তনীর তুল্যরোধ R_{eq} হলে, $I = \frac{E}{R_{eq}}$

বা, $R_{eq} = \frac{E}{I} = \frac{6}{\frac{9}{13}} = \frac{26}{3} = 8.667\,\Omega$

যেহেতু, $R_p = 2\,\Omega$,
∴ বর্তনীর বাকি অংশের রোধ, $R'_p = R_{eq} - R_p = 8.667 - 2$
$= 6.667\,\Omega$

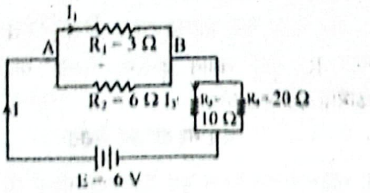
এখন, $R'_p < R_3$, তাই R_3 এর সাথে সমান্তরালে রোধ যুক্ত করতে হবে। ধরি, $R_3 = 10\,\Omega$ এর সাথে R_4 রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্যরোধ R'_p হবে।

$\therefore \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{R'_p}$

বা, $\frac{1}{10} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{6.667}$ বা, $\frac{1}{R_4} = \frac{1}{6.667} - \frac{1}{10} = \frac{1}{20}$

$\therefore R_4 = 20\,\Omega$

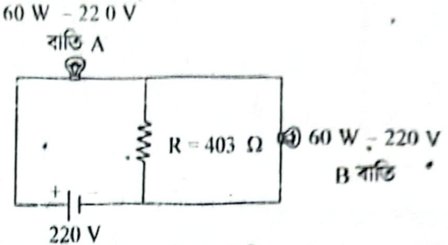
তাহলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



সুতরাং, R_3 এর সাথে 20 Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে এর ভেতর দিয়ে R_1 এর সমান প্রবাহ পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ২৮ সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন

উদ্দীপকের বর্তনীতে দুটি 60 W – 220 V লেখা বাল্ব সংযুক্ত করে 220 V উৎসের সাথে সংযোগ দেয়া হলো—



চিত্র : বর্তনী

ক. রোধ কী? ১
খ. একই তাপমাত্রায় ভিন্ন উপাদানবিশিষ্ট পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ ভিন্ন হয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রত্যেক বাতির ফিলামেন্টের রোধ কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী হতে 'R' রোধ অপসারণ করলে A ও B বাতির উজ্জ্বলতা বাড়বে না কমবে— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ চলাচল বাধা প্রাপ্ত হয় তাই ঐ পরিবাহীর রোধ।

খ একক দৈর্ঘ্য ও ক্ষেত্রফলের কোনো পদার্থের রোধকে এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে। একই তাপমাত্রায় ভিন্ন উপাদান বিশিষ্ট পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ ভিন্ন। কারণ, পদার্থের অভ্যন্তরীণ সজ্জার উপর রোধ নির্ভরশীল। ভিন্ন ভিন্ন উপাদানের অভ্যন্তরীণ সজ্জা ভিন্ন হওয়ায় তড়িৎ প্রবাহে বাধাদানের ক্ষমতাও ভিন্ন হয় অর্থাৎ আপেক্ষিক রোধ ভিন্ন হয়।

গ

প্রত্যেক বাতির ফিলামেন্টের রোধ,

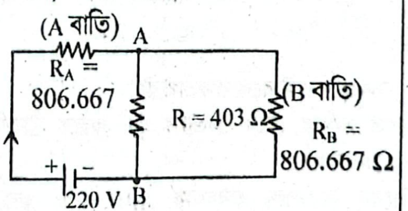
$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{220^2}{60}$$

এখানে,
উভয় বাতির ক্ষমতা, P = 60 W
উভয় বাতির বিভব পার্থক্য,
V = 220 V

∴ R = 806.667 Ω **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে আমরা পাই, প্রতিটি বাতির ফিলামেন্টের রোধ, $R_A = R_B = 806.667\,\Omega$

তাহলে, বর্তনীটি হবে,



এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 220V

এখানে, R_B ও R সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_B}$
$= \frac{1}{403} + \frac{1}{806.667}$
$= \frac{1}{268.741}$
$\therefore R_p = 268.741\,\Omega$

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_A + R_p = (806.667 + 268.741)\,\Omega$
$= 1075.41\,\Omega$

বর্তনীর মূলপ্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{220}{1075.41} = 0.205\ A$

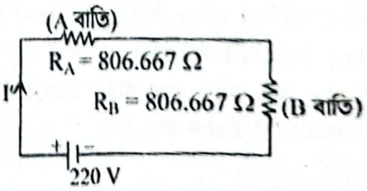
∴ R_A রোধ এর ক্ষমতা, $P_A = I^2R_A = (0.205)^2 \times 806.667 = 33.9\ W$

R_B রোধ এর বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = IR_p = 0.205 \times 268.741 = 55.092\ V$

R_B রোধ এর ক্ষমতা, $P_B = \frac{(V_{AB})^2}{R_B} = \frac{(55.092)^2}{806.667} = 3.7625\ W$

উদ্দীপকের বর্তনী থেকে 'R' রোধ অপসারণ করলে বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে।

এখানে, R_A ও R_B শ্রেণিতে যুক্ত।



∴ বর্তনীর তুল্যরোধ,
$R'_{eq} = R_A + R_B$
$= (806.667 + 806.667)$
$= 1613.334\,\Omega$

বর্তনীর মূলপ্রবাহ, $I' = \frac{E}{R'_{eq}}$

$= \frac{220}{1613.334} = 0.1364\ A$

∴ R_A রোধ এর ক্ষমতা, $P'_A = (I')^2 R_A = (0.1364)^2 \times 806.667$

$= 15.008\ W$

অনুরূপভাবে, R_B রোধ এর ক্ষমতা, $P'_B = (I')^2 R_B$

$= (0.1364)^2 \times 806.667$

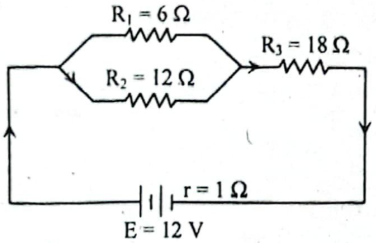
$= 15.008\ W$

দেখা যাচ্ছে, $P'_A < P_A$ এবং $P'_B > P_B$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনী থেকে 'R' রোধ অপসারণ করলে A বাতির উজ্জ্বলতা কমবে এবং B বাতির উজ্জ্বলতা বাড়বে।

প্রশ্ন ▸ ২৯ **যশোর বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৪**

উদ্দীপকে একটি বর্তনী দেখানো হলো:



ক. তাড়ন বেগের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. বর্তনীতে রোধের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীর মোট প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. R_3 এর সাথে কত রোধ, কীভাবে সংযুক্ত করলে এর ভিতর দিয়ে R_2 এর সমান প্রবাহ পাওয়া যাবে— গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড়বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে তাকে তাড়ন বেগ বলে।

খ পরিবাহীর যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বাধাপ্রাপ্ত হয়, তাকে রোধ বলে।

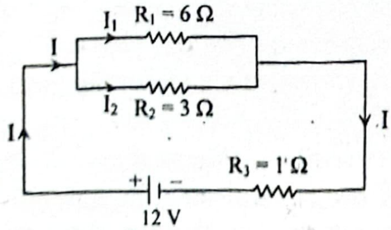
বর্তনীতে রোধের মূল প্রয়োজন হলো, এটি তড়িৎ প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণ করতে পারে। ও'মের সূত্র থেকে আমরা জানি, $I = \frac{V}{R}$। অর্থাৎ, তড়িৎ প্রবাহ (I) রোধের (R) ব্যস্তানুপাতিক। বর্তনীতে রোধ না থাকলে (অর্থাৎ, R = 0 হলে) বর্তনীটি শর্ট সার্কিট হয়ে যায়। অর্থাৎ $I = \frac{V}{R}$ সূত্রানুসারে, তড়িৎ প্রবাহের মান অসীম হয়ে যায়। এর ফলে প্রচণ্ড তাপ উৎপন্ন হয়ে যন্ত্রপাতি পুড়ে যেতে পারে ও নষ্ট হয়ে যেতে পারে। এজন্য বর্তনীতে রোধ ব্যবহার করা হয় যাতে নির্দিষ্ট মানের অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহিত না হয়।

গ ২৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.522A।

ঘ ২৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 9 Ω সমান্তরালে সংযুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩০ **বরিশাল বোর্ড ২০২২ ❙ প্রশ্ন নং ৩**



ক. কার্শফের ১ম সূত্র বিবৃত করো। ১

খ. শান্ট কিভাবে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রদত্ত বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বর্তনীতে 1 মিনিট তড়িৎ প্রবাহ চললে কোন রোধকে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

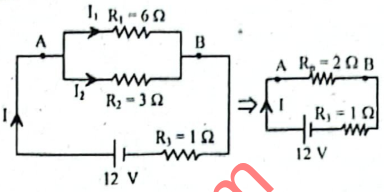
৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের ১ম সূত্রটি হলো— তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ তড়িৎ বর্তনীর যেকোনো সংযোগ বিন্দুতে $\sum i = 0$।

খ অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে একটি অল্প মানের রোধ শান্ট হিসেবে সংযুক্ত করা হয়। এর ফলে মূল তড়িৎ প্রবাহ দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে যায় এবং শান্টের রোধ কম হওয়ায় বেশি পরিমাণ প্রবাহ এর ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হয় এবং অল্প পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। এতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়।

গ ২৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.4A।

ঘ



এখানে, রোধ,
$R_1 = 6\Omega$,
$R_2 = 30\ \Omega$,
$R_3 = 1\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি,
$E = 12\ V$
সময়, $t = 1\ min = 60\ s$

R_1 ও R_2 এর তুল্য রোধ, R_P হলে, $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1}{2}$

$\therefore R_p = 2\Omega$

বর্তনীর মোট তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_P + R_3 = 2 + 1 = 3\Omega$

বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{12}{3} = 4A$

বর্তনীতে 1 min তড়িৎ প্রবাহ চললে R_3 রোধে উৎপন্ন তাপ শক্তি হয়—

$H_3 = I^2R_3t = (4)^2 \times 1 \times 60 = 960\ J$

R_1 ও R_2 এর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = IR_p = 4 \times 2 = 8\ V$

এখন, 1 min তড়িৎ প্রবাহে R_1 রোধে উৎপন্ন তাপশক্তি,

$H_1 = \frac{(V_{AB})^2}{R_1} t = \frac{(8)^2}{6} \times 60 = 640\ J$

অনুরূপভাবে, 1 min তড়িৎ প্রবাহ চললে R_2 রোধকে উৎপন্ন তাপশক্তি,

$H_2 = \frac{(V_{AB})^2}{R_2} t = \frac{(8)^2}{3} \times 60 = 1280\ J$

দেখা যাচ্ছে, $H_2 > H_3 > H_1$

সুতরাং বলা যায় যে, বর্তনীটিতে 1 মিনিট তড়িৎপ্রবাহ চললে $R_2 = 3\ \Omega$ রোধকে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩১ **ঢাকা বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ২**

একটি বর্তনীতে 15 Ω ও 20 Ω মানের দুটি রোধককে সমান্তরাল সমবায়ে সাজিয়ে 9 Volt তড়িচ্চালক শক্তির সাথে যুক্ত করাতে তাতে 1 A তড়িৎ প্রবাহিত হলো।

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎপ্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপ উৎপন্ন হয় কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের মান কত? ৩

ঘ. প্রত্যেক রোধকের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রার মোট মান, মূল প্রবাহের সমান হবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যেসব তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় ঐ সব প্রক্রিয়াকে প্রত্যাগামী বা প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্য দিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়

এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় যার ফলে পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ R_1 ও R_2 রোধদ্বয় সমান্তরাল সমবায়ে থাকায় এদের তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$= \frac{1}{R_p} = \frac{1}{15} + \frac{1}{20}$$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{7}{60}$

বা, $R_p = \frac{60}{7}$

$\therefore R_p = 8.57\ \Omega$

এখানে,
বর্তনীর রোধ,
$R_1 = 15\ \Omega$
এবং $R_2 = 20\ \Omega$
তড়িৎ প্রবাহ মাত্রা,
$I = 1\ A$
কোষের তড়িচ্চালক শক্তি,
$E = 9\ V$
R_1 ও R_2 রোধদ্বয়ের তুল্যরোধ $= R_p$
কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = ?$

আমরা জানি,

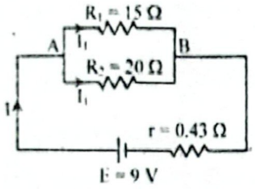
$$I = \frac{E}{R_p + r}$$

বা, $R_p + r = \frac{E}{I}$

বা, $r = \frac{E}{I} - R_p = \frac{9}{1} - 8.57$

$\therefore r = 0.43\ \Omega$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুসারে বর্তনীর চিত্রটি নিম্নরূপ:



A ও B বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্য
$V_{AB} = IR_p$

এখানে,
বর্তনীর রোধ, $R_1 = 15\ \Omega$
এবং $R_2 = 20\ \Omega$
বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = 1\ A$
'গ' হতে প্রাপ্ত বর্তনীর তুল্যরোধ,
$Rp = 8.57\ \Omega$
R_1 রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ, $I_1 = ?$
R_2 রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ, $I_2 = ?$

বা, $V_{AB} = 1 \times 8.57$
$\therefore V_{AB} = 8.57\ V$

R_1 রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1} = \frac{8.57}{15}$$

$\therefore I_1 = 0.57\ A$

R_2 রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} = \frac{8.57}{20} = 0.43\ A$$

আবার, $I_1 + I_2 = 0.57 + 0.43 = 1A = I$

অতএব, প্রত্যেক রোধকের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রার মোট মান, বর্তনীর মূল প্রবাহের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ৩

2 V তড়িচ্চালক শক্তি ও 1 Ω অন্তঃরোধবিশিষ্ট 5 টি তড়িৎ কোষকে শ্রেণিতে সাজিয়ে 25°C তাপমাত্রার 60 Ω রোধবিশিষ্ট একটি পরিবাহী তারের সাথে যুক্ত করা হলো। পরিবাহী তারে রোধের উষ্ণতার গুণাঙ্ক $4.2 \times 10^{-3}/°C$।

ক. তড়িৎ বর্তনী কাকে বলে? ১
খ. নিরাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ ধাতুর পরিবাহী তার ব্যবহার করলে কী ঘটবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. 100°C তাপমাত্রায় পরিবাহী তারটির রোধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের সকল তড়িৎ কোষগুলোকে সমান্তরালে সাজিয়ে একইভাবে যুক্ত করলে প্রবাহের পরিবর্তন কীরূপ হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথকে তড়িৎ বর্তনী বলে।

খ সীসা ও টিনের সংমিশ্রণে (এখানে, সীসার পরিমাণ 75% ও টিনের পরিমাণ 25%) তৈরি একটি সরু তারকে নিরাপত্তা ফিউজ হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এ তারের গলনাঙ্ক কম (প্রায় 300°C) থাকে। বিশুদ্ধ ধাতু ব্যবহার করলে তারের মধ্য দিয়ে অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহিত হলে তারটি গরম হয়ে উঠে এবং তা গলে গিয়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়। মূলত গলনাঙ্ক কম রাখার জন্য নিরাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ ধাতু ব্যবহার করা হয় না।

গ আমরা জানি,

$R_{t_1} = R_0(1 + \alpha t_1)$ ....(i)

আবার,

$R_{t_2} = R_0(1 + \alpha t_2)$ ....(ii)

(ii) নং সমীকরণকে (i) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,

$$\frac{R_{t_2}}{R_{t_1}} = \frac{R_0(1 + \alpha t_2)}{R_0(1 + \alpha t_1)}$$

বা, $R_{t_2} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} R_{t_1}$

বা, $R_{t_2} = \frac{1 + 4.2 \times 10^{-3} \times 100}{1 + 4.2 \times 10^{-3} \times 25} \times 60$

$\therefore R_{t_2} = 77.104\ \Omega$ **(Ans.)**

এখানে,
প্রাথমিক তাপমাত্রা, $t_1 = 25°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $t_2 = 100°C$
t_1 তাপমাত্রায় তারটির রোধ,
$R_{t_1} = 60\ \Omega$
তারের রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক, $\alpha = 4.2 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$
0°C তাপমাত্রায় তারটির রোধ
$= R_0\ \Omega$
t_2 তাপমাত্রায় তারটির রোধ,
$R_{t_2} = ?$

ঘ আমরা জানি,
কোষের শ্রেণি সংযোগে তড়িৎপ্রবাহের মান,

$$I_s = \frac{nE}{nr + R}$$

বা, $I_s = \frac{5 \times 2}{(5 \times 1) + 60}$

$\therefore I_s = 0.154\ A$

এখানে,
প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 2\ V$
প্রতিটি কোষের অন্তঃরোধ,
$r = 1\ \Omega$
কোষের সংখ্যা, $n = 5$
বহিঃস্থ রোধ, $R = 60\ \Omega$
শ্রেণি সংযোগে তড়িৎ প্রবাহের মান, $I_s = ?$
সমান্তরাল সংযোগে তড়িৎপ্রবাহের মান, $I_p = ?$

আবার, কোষের সমান্তরাল সংযোগে তড়িৎপ্রবাহের মান,

$$I_p = \frac{nE}{nR + r}$$

$$= \frac{5 \times 2}{(5 \times 60 + 1)} = 0.033\ A$$

অতএব, উদ্দীপকের সকল তড়িৎ কোষগুলোকে সমান্তরালে সাজিয়ে একইভাবে যুক্ত করা হলে তড়িৎপ্রবাহ $I_s - I_p = (0.154 - 0.033)\ A = 0.121\ A$ হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২১ । প্রশ্ন নং ২

200 V ও 1000 W নিমজ্জক একটি হিটার 15 মিনিটে 2.57 kg পানির তাপমাত্রা 20°C হতে 95°C বৃদ্ধি করতে পারে। ◄ অধ্যায় ১ ও ৩-এর সমন্বয়ে

ক. তাপ উৎপন্ন সম্পর্কিত জুলের ১ম সূত্রটি বিবৃত করো। ১
খ. শান্টের রোধ শূন্য বা অসীম হয় কিনা? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. হিটারটির বৈদ্যুতিক রোধ কত? নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে হিটারটির দক্ষতা সম্পর্কে মন্তব্য করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর রোধ (R) ও প্রবাহকাল (t) অপরিবর্তিত থাকলে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপ তড়িৎপ্রবাহের (i) বর্গের সমানুপাতিক।

খ শান্টের রোধ শূন্য হলে সকল বিদ্যুৎ প্রবাহ শান্টের মধ্যে দিয়ে যাবে আবার শান্টের রোধ অসীম হলে সকল প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্যে দিয়ে যাবে। কিন্তু বাস্তবে এমনটা হয় না অর্থাৎ শান্টের রোধ শূন্য বা অসীম কোনটিই হয় না।

আমরা জানি,

$P = \frac{V^2}{R}$

$R = \frac{V^2}{P}$

$R = \frac{(200)^2}{1000}$

$R = 40\ \Omega$ (Ans.)

এখানে,
হিটারের ক্ষমতা, $P = 1000\ W$
হিটারের বিভব, $V = 200\ V$
হিটারের বৈদ্যুতিক রোধ, $R = ?$

আমরা জানি,
পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কৃতকাজ,

$W = ms\Delta\theta$

$W = 2.57 \times 4200 \times 75$

$W = 809550\ J$

হিটারের কার্যকর ক্ষমতা,

$P' = \frac{W}{t}$

$P' = \frac{809550}{900}$

$P' = 899.5\ W$

এখানে,
হিটারের প্রদত্ত ক্ষমতা, $P = 1000\ W$
পানির ভর, $m = 2.57\ kg$
পানির তাপমাত্রার পরিবর্তন,
$\Delta\theta = (95 - 20)°C = 75°C = 75\ K$
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$S = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$
সময়, $t = 15\ min$
$= 15 \times 60 = 900\ s$
পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কৃতকাজ,
$W = ?$
হিটারের কার্যকর ক্ষমতা, $P' = ?$
হিটারের কর্মদক্ষতা, $\eta = ?$

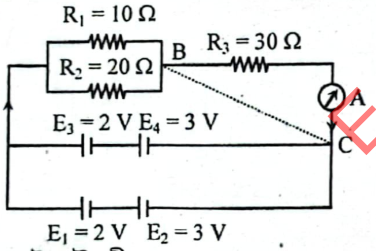
হিটারের কর্মদক্ষতা, $\eta = \frac{P'}{P} \times 100\%$

$\eta = \frac{899.5}{1000} \times 100\% = 89.95\%$

অতএব, হিটারটি তার প্রদত্ত ক্ষমতার শতকরা 89.95 ভাগকে কাজে রূপান্তরিত করতে পারে।

▶ ৩৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৩

পকের বর্তনীটির প্রবাহমাত্রা নির্ণয়ের জন্য অ্যামিটারের পাঠ নেয়া হলো। পরবর্তীতে 5 Ω রোধের একটি পরিবাহী তারকে B ও C বিন্দুতে যুক্ত করে পুনরায় অ্যামিটারের পাঠ নেওয়া হলো।



ক. কিলোওয়াট-ঘণ্টা কী? ১
খ. পরিবাহীর অতি পরিবাহীতা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম ক্ষেত্রে বর্তনীর তুল্যরোধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কোন ক্ষেত্রে অ্যামিটারের পাঠ বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্র এক ঘণ্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে কিলোওয়াট ঘণ্টা বলে।

সাধারণত ধাতব পরিবাহীর তাপমাত্রা বাড়ালে রোধ বাড়ে এবং তাপমাত্রা কমালে রোধ কমে। কিছু কিছু ধাতব পরিবাহীর তাপমাত্রা কমিয়ে পরম শূন্য তাপমাত্রা বা 0K এ নিয়ে গেলে পরিবাহীর রোধ শূন্য হয়। তখন অল্প বিভব পার্থক্যে বিশাল মানের তড়িৎ প্রবাহ প্রদানে সক্ষম হয় বলে এদেরকে অতি পরিবাহী ও এ ধর্মকে অতিপরিবাহিতা বলে।

R_1 ও R_2 রোধদ্বয় সমান্তরালে থাকায়, এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{3}{20}$

$R_p = 6.67\ \Omega$

এখানে,
রোধ, $R_1 = 10\ \Omega$
$R_2 = 20\ \Omega$
$R_3 = 30\ \Omega$
বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = ?$

আবার, R_p ও R_3 শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_p + R_3 = 6.67 + 30$

$\therefore R_{eq} = 36.67\ \Omega$ (Ans.)

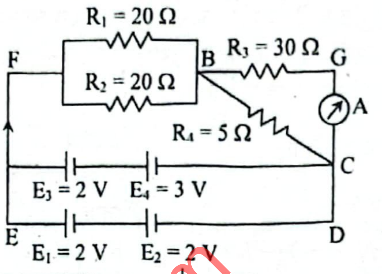
ঘ B ও C বিন্দুতে 5 Ω মানের রোধ যুক্ত করার পূর্বে:
আমরা পাই,

$I_A = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{5}{36.67}$

$\therefore I_A = 0.14\ A$

এখানে,
'গ' হতে প্রাপ্ত বর্তনীর তুল্য রোধ, $R_{eq} = 36.67\ \Omega$
মোট তড়িচ্চালক শক্তি,
$E = E_1 + E_2$
$= E_3 + E_4 = (2 + 3)\ V = 5\ V$
বর্তনীর মূলপ্রবাহ = অ্যামিটারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ, $I_A = ?$

B ও C বিন্দুতে 5 Ω মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ:



এক্ষেত্রে, বর্তনীর তুল্যরোধ,
R_1 ও R_2 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ, R_{p_1} হলে

$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

বা, $\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = \frac{3}{20}$

$\therefore R_{p_1} = 6.67\ A$

এখানে,
বর্তনীর তুল্য রোধ,
$R'_{eq} = ?$
অ্যামিটারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ,
$I'_A = ?$

R_3 ও R_4 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ R_{p_2} হলে,

$\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$

বা, $\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{5} = \frac{7}{30}$

$\therefore R_{p_2} = 4.29\ \Omega$

$\therefore$ বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R'_{eq} = R_{p_1} + R_{p_2} = 6.67 + 4.29$

$\therefore R'_{eq} = 10.96\ \Omega$

বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I' = \frac{E}{R'_{eq}} = \frac{5}{10.96}$

$\therefore I' = 0.456\ A$

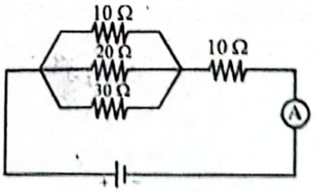
$\therefore$ অ্যামিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহ,

$I'_A = \frac{R_4}{R_3 + R_4} I' = \frac{5}{30 + 5} \times 0.456$

$\therefore I'_A = 0.065\ A$

যেহেতু $I'_A < I_A$, সেহেতু প্রথম ক্ষেত্রে তথা B ও C বিন্দুতে 5 Ω রোধ যুক্ত করার পূর্বে অ্যামিটারের পাঠ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৫ দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ২



চিত্রে, তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি E = 16 V এবং অ্যামিটার দ্বারা সর্বোচ্চ 2.25 A তড়িৎ প্রবাহ মাপা যায়। পরবর্তীতে 16 V এর পরিবর্তে 150 V এর ব্যাটারি ব্যবহার করা হলো এবং বর্তনীর অ্যামিটারের পাল্লা 4 গুণ করা হলো।

ক. তাড়ন বেগ কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 2.5 V বলতে কী বুঝায়? ২

গ. 20 Ω রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

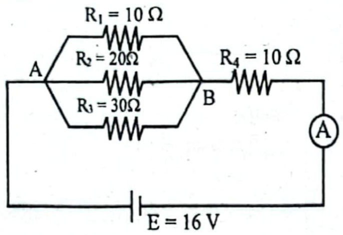
ঘ. পরিবর্তিত ক্ষেত্রে অ্যামিটারটির সাহায্যে প্রবাহমাত্রা মাপা সম্ভব কি-না– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড়বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎপ্রবাহ সৃষ্টি করে তাকে তাড়ন বেগ বলে।

খ কোনো তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 2.5 V বলতে বোঝায় যে, 1C আধানকে ঐ কোষ সমেত কোন বর্তনীর একবিন্দু হতে একবার সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে 2.5 J কাজ সম্পন্ন করতে হয়। মুক্ত অবস্থায় অর্থাৎ যখন কোন তড়িৎপ্রবাহ চলে না, তখন কোষটির দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য হবে 2.5 V।

গ উদ্দীপকের বর্তনীটি:



এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 16 V
রোধ,
$R_1 = 10\,\Omega$
$R_2 = 20\,\Omega$
$R_3 = 30\,\Omega$
$R_4 = 10\,\Omega$
বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = ?$
20 Ω রোধ এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ, $I_2 = ?$

R_1, R_2 ও R_3 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$

$= \frac{11}{60}$

$\therefore R_p = 5.45\,\Omega$

∴ বর্তনীর তুল্য রোধ,

$R_{eq} = R_p + R_4$ [∵ R_p ও R_4 শ্রেণি সংযোগে যুক্ত আছে।]

বা, $R_{eq} = 5.45 + 10$

$\therefore R_{eq} = 15.45\,\Omega$

বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}}$

বা, $I = \frac{16}{15.45}$

$\therefore I = 1.0356$ A

A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য

$V_{AB} = IR_p$

বা, $V_{AB} = 1.0356 \times 5.45$

$\therefore V_{AB} = 5.644$ V

∴ 20 Ω রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ,

$$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} = \frac{5.644}{20}$$

$\therefore I_2 = 0.2822$ A **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,
তড়িৎপ্রবাহ,

$I = \frac{E}{R_{eq}}$

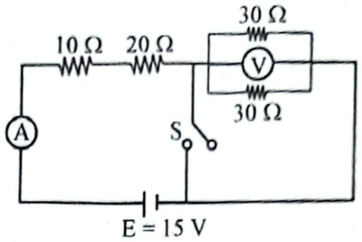
বা, $I = \frac{150}{15.45}$

$\therefore I = 9.71$ A

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 150 V
অ্যামিটারের পাল্লা, $I_A = 4 \times 2.25$ A = 9 A
'গ' হতে প্রাপ্ত বর্তনীর তুল্যরোধ,
$R_{eq} = 15.45\,\Omega$
বর্তনীর প্রবাহ, I = ?

যেহেতু $I > I_A$ অর্থাৎ, বর্তনীর প্রবাহমাত্রা অ্যামিটারের পাল্লার চেয়ে বেশি, সেহেতু পরিবর্তিত ক্ষেত্রে অ্যামিটারটির সাহায্যে প্রবাহমাত্রা মাপা সম্ভব না।

প্রশ্ন ▸ ৩৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ‖ প্রশ্ন



ক. কার্শফের ১ম সূত্র বিবৃত করো।

খ. তাপমাত্রার পরিবর্তনে পরিবাহীর রোধের পরিবর্তনের কা ব্যাখ্যা করো।

গ. চাবি S খোলা অবস্থায় বর্তনীর ভোল্টমিটার (V) এর পা নির্ণয় করো।

ঘ. চাবি S বন্ধ করে দিলে অ্যামিটারের পাঠের কীরূপ পরিব হয়– গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের ১ম সূত্রটি হলো– তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দু মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ যেকো সংযোগ বিন্দুতে $\sum i = 0$।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মু ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায়। আবার পরিবাহীর পরমাণুর সা ধাক্কাজনিত বাধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। তড়িৎ প্রবাহের এ বাধা পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়। ফ এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। সংঘ বৃদ্ধির ফলে ইলেকট্রন প্রবাহের বেশি বাধাপ্রাপ্ত হয়। তাই তাপমা বৃদ্ধিতে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা কমালে পরিবাহী রোধ হ্রাস পায়।

গ R_3 ও R_4 রোধদ্বয় সমান্তরালে থাকায় এবং এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{30} + \frac{1}{30} = \frac{2}{30}$

$\therefore R_p = 15\,\Omega$

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 15 V
রোধ, $R_1 = 10\,\Omega$
$R_2 = 20\,\Omega$
$R_3 = R_4 = 30\,\Omega$
ভোল্ট মিটারের পাঠ, V = ?

বিভব বিভাজন সূত্র হতে আমরা জানি,

$$V = \frac{R_p}{R_1 + R_2 + R_p} \times E$$

$$= \frac{15}{10 + 20 + 15} \times 15$$

$\therefore V = 5$ V **(Ans.)**

ঘ চাবি S খোলা অবস্থায়:

R_1, R_2 এবং R_p শ্রেণি সংযোগে থাকায় এদের তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_p$

বা, $R_{eq} = 10 + 20 + 15$

$\therefore R_{eq} = 45\,\Omega$

আমরা জানি,

$I = \frac{E}{R_{eq}}$

বা, $I = \frac{15}{45}$

$\therefore I = 0.333$ A

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 15 V
রোধ, $R_1 = 10\,\Omega$
$R_2 = 20\,\Omega$
$R_3 = R_4 = 30\,\Omega$
'গ' হতে প্রাপ্ত R_3 ও R_4 এ তুল্যরোধ, $R_p = 15\,\Omega$
চাবি S খোলা অবস্থায় অ্যামিটারে পাঠ, I = ?
চাবি S বন্ধ থাকা অবস্থা অ্যামিটারের পাঠ, I′ = ?

চাবি S বন্ধ থাকা অবস্থায়:

চাবি S বন্ধ থাকা অবস্থায় R_3 ও R_4 এর দুই প্রান্ত শর্ট হয়ে যাওয়া বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R'_{eq} = R_1 + R_2$

বা, $R'_{eq} = 10 + 20$

$\therefore R'_{eq} = 30\,\Omega$

$I' = \frac{E}{R'_{eq}} = \frac{15}{30}$

$I' = 0.5$ A, যা চাবি খোলা রাখা অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ I এর বড়।

এব, চাবি S বন্ধ করে দিলে অ্যামিটারে পাঠ $I' - I = 0.5 - 0.333$
.167 A বৃদ্ধি পাবে।

১৩৭ কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭

ও B দুটি বৈদ্যুতিক বাল্ব যাদের গায়ে যথাক্রমে 120 W–220 V ও W–220 V লেখা আছে। বাল্ব দুটিকে 220 V বিভব উৎসের সাথে মে সমান্তরালে ও পরে শ্রেণিতে যুক্ত করা হল।

ক. রোধের উষ্ণতা সহগ কাকে বলে? ১

খ. নিরাপত্তা ফিউজে নিম্ন গলনাঙ্কবিশিষ্ট সংকর ধাতুর তার ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. প্রথম ক্ষেত্রে 5 sec সময় ধরে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে কী পরিমাণ তড়িৎ শক্তি ব্যয় হয় তা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সংযোগের ধরন পরিবর্তনের ফলে বাল্ব দুটির উজ্জ্বলতার কোনো পরিবর্তন হবে কি-না– গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 0°C তাপমাত্রায় থাকা 1Ω রোধবিশিষ্ট কোনো একটি পরিবাহীর পমাত্রা 1°C বৃদ্ধিতে এর রোধ যে পরিমাণ বৃদ্ধি পায় তাকে রোধের ষ্ণতা সহগ বলে।

খ সীসা ও টিনের (সীসা ও টিনের সংমিশ্রণে সীসা 75% ও টিন 25% ব্যবহৃত হয়।) সংমিশ্রণে তৈরি একটি সরু তারকে নিরাপত্তা ফিউজ সেবে ব্যবহার করা হয়। এ তারের গলনাঙ্ক কম (প্রায় 300°C)। রের মধ্য দিয়ে অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহিত হলে তারটি গরম হয়ে উঠে বং তা গলে গিয়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়। মূলত ফিউজ সেবে ব্যবহৃত তারের গলনাঙ্ক কমাবার জন্য নিরাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ তু ব্যবহার না করে সংকর ধাতুর তার ব্যবহার করা হয়।

গ আমরা জানি,

$W = Pt$

, $W = 180 \times 5$

$W = 900$ J **(Ans.)**

এখানে,
A বাল্বের ক্ষমতা, $P_A = 120$ W
B বাল্বের ক্ষমতা, $P_B = 60$ W
বাল্ব দুইটির মোট ক্ষমতা,
$P = P_A + P_B = 120 + 60$
$= 180$ W
সময়, $t = 5$ s
ব্যয়িত তড়িৎশক্তি, $W = ?$

ঘ বাল্ব দুইটির প্রদত্ত ক্ষমতা 220 V এ দেওয়া থাকায় 220 V এর সাথে মান্তরাল সংযোগে বাল্ব দুইটির ক্ষমতা একই থাকবে। অর্থাৎ সমান্তরাল যোগে A বাল্বের ক্ষমতা 120 W এবং B বাল্বের ক্ষমতা 60 W হবে।

মরা জানি,

$_A = \frac{V_b^2}{P_A}$

, $R_A = \frac{(220)^2}{120}$

$R_A = 403.33\ \Omega$

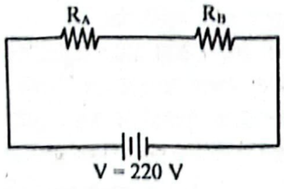
বার, $R_B = \frac{V_b^2}{P_B}$

, $R_B = \frac{(220)^2}{60}$

$R_B = 806.67\ \Omega$

এখানে,
A ও B বাল্বের বিভব,
$V_b = 220$ V
A বাল্বের ক্ষমতা, $P_A = 120$ W
B বাল্বের ক্ষমতা, $P_B = 60$ W
শ্রেণিতে যুক্ত বিভব উৎসের বিভব,
$V = 220$ V
A বাল্বের রোধ, $R_A = ?$
B বাল্বের রোধ, $R_B = ?$
A বাল্বের কার্যকর ক্ষমতা, $P'_A = ?$
B বাল্বের কার্যকর ক্ষমতা, $P'_B = ?$

ল্ব দুটিকে 220 V বিভব উৎসের সাথে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে বর্তনীটি বে নিম্নরূপ:



∴ বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_A + R_B = 403.33 + 806.67$

বা, $R_{eq} = 1210\ \Omega$

∴ বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ,

$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{220}{1210}$ ∴ $I = 0.1818$ A

A বাল্বের কার্যকর ক্ষমতা,

$P'_A = I^2 R_A$

বা, $P'_A = (0.1818)^2 \times 403.33$

∴ $P'_A = 13.33\ W < P_A$

B বাল্বের কার্যকর ক্ষমতা,

$P'_B = I^2 R_B$

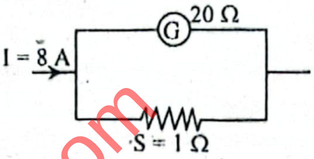
বা, $P'_B = (0.1818)^2 \times 806.67$

∴ $P'_B = 26.66\ W < P_B$

অতএব, শ্রেণি সংযোগে বাল্বদ্বয়ের ক্ষমতা কম হওয়ায়, সমান্তরাল সংযোগের তুলনায় শ্রেণিসংযোগে বাল্ব দুটির উজ্জ্বলতা কম হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭

চিত্রে একটি অ্যামিটার বর্তনী দেখানো হলো যার পাল্লা 0 ~ 10A পর্যন্ত। রহিম বেশি তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপের জন্য অ্যামিটারের পাল্লা 10 গুণ বৃদ্ধি করতে চাইলো।



ক. গ্যালিলীয় রূপান্তর কী? ১

খ. বর্তনীতে তাপ উৎপন্নের ক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রবাহের কোনো প্রভাব আছে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বর্তনীর কী ধরনের পরিবর্তন সাধন করলে রহিমের আকাঙ্ক্ষা পূরণ হবে– বিশ্লেষণসহ উপস্থান করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের যে সকল সমীকরণ পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল দুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর স্থানাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে, সেগুলোই গ্যালিলীয় রূপান্তর।

খ বর্তনীতে তাপ উৎপন্নের ক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রবাহের প্রভাব বিদ্যমান। স্থির মানের রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ,

$H = I^2Rt$

এখানে, I = তড়িৎ প্রবাহ
R = রোধ
t = তড়িৎ প্রবাহের সময়।

অর্থাৎ, তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের বর্গের সমানুপাতিক। তড়িৎ প্রবাহ দ্বিগুণ করলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ চারগুণ হবে। আবার তড়িৎ প্রবাহ অর্ধেক করলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ এক-চতুর্থাংশ হবে।

গ আমরা জানি,

$I = \frac{G+S}{S} \times I_g$

বা, $I_g = \frac{S}{G+S} \times I$

বা, $I_g = \frac{1}{20+1} \times 8$

∴ $I_g = 0.38$ A **(Ans.)**

এখানে,
বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, $I = 8$ A
শান্টের রোধ, $S = 1\ \Omega$
গ্যালভানোমিটারের রোধ, $G = 20\ \Omega$
গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ, $I_g = ?$

ঘ 20 Ω রোধের গ্যালভানোমিটারের সমান্তরালে 1 Ω যুক্ত করে অ্যামিটার তৈরি করা হয়েছে। সুতরাং অ্যামিটারের রোধ হবে এ দুটির তুল্যরোধ। অর্থাৎ অ্যামিটারের রোধ R হলে,

$\frac{1}{R} = \frac{1}{G} + \frac{1}{S}$

$= \frac{G+S}{GS}$

$= \frac{20+1}{20 \times 1} = \frac{21}{20}$

∴ $R = \frac{20}{21}$

এখানে,
প্রাথমিক অবস্থায় অ্যামিটার বর্তনীর সর্বোচ্চ পাল্লা, $I = 10$ A
গ্যালভানোমিটারের রোধ, $G = 20\ \Omega$
শান্টের রোধ, $S = 1\ \Omega$
গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত সর্বোচ্চ প্রবাহ, $I_g = ?$

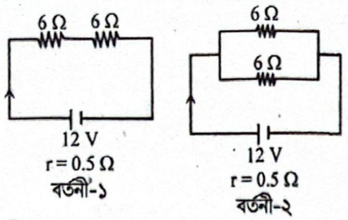
এখন, অ্যামিটারের পাল্লা n = 10 গুণ করতে হলে এর সাথে যুক্ত শান্ট S′ হলে

এখানে,
অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধি করার পর শান্টের রোধ, S′ = ?

$$S' = \frac{G}{n-1} = \frac{20}{10-1} = \frac{20}{9}$$
$$= 2.22\ \Omega$$

অর্থাৎ উক্ত বর্তনীতে 2.22 Ω মানের রোধ শান্ট হিসেবে যুক্ত করলে অ্যামিটারের পাল্লা 10 গুণ হবে। অর্থাৎ, শান্টের সাথে (2.22 – 1) = 1.22 Ω মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে তখন তার আকাঙ্ক্ষা পূরণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ যশোর বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ২



বর্তনী-১ বর্তনী-২

ক. শান্ট কী? ১

খ. পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনী-১ এ রোধের মধ্য দিয়ে কত তড়িৎ প্রবাহিত হবে? ৩

ঘ. কোন বর্তনীতে একট নির্দিষ্ট সময়ে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাই শান্ট।

খ ৩১(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ R_1 ও R_2 শ্রেণি সংযোগে থাকায় এদের তুল্যরোধ R_s হলে,

$R_s = R_1 + R_2$
বা, $R_s = 6 + 6$
$\therefore R_s = 12\ \Omega$

এখানে,
বর্তনী-১ এ রোধ, $R_1 = R_2 = 6\ \Omega$
বর্তনী-১ এ তড়িচ্চালক শক্তি, E = 12 V
বর্তনী-১ এ অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 0.5 Ω
বর্তনী-১ এ তড়িৎপ্রবাহ, I = ?

আমরা জানি,
$$I = \frac{E}{R_s + r} = \frac{12}{12 + 0.5}$$
$\therefore I = 0.96$ A **(Ans.)**

ঘ বর্তনী-১ এ তাপ উৎপন্নের হার $P_1 = I^2 R_s$
$= (0.96)^2 \times 12$
$= 11.06\ \text{J.s}^{-1}$

'গ' নং হতে
বর্তনী-১ এ তুল্যরোধ, $R_s = 12\ \Omega$
বর্তনী-১ এ তড়িৎপ্রবাহ, I = 0.96 A

বর্তনী-২ এ রোধ দুইটি সমান্তরাল সংযোগে থাকায় তুল্যরোধ R_p হলে,
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$ [বর্তনী-২এ $R_1 = R_2 = 6\ \Omega$]
$\therefore R_p = 3\ \Omega$

তড়িৎপ্রবাহ
$$I' = \frac{E}{R_p + r} = \frac{12}{3 + 0.5} = 3.43\ \text{A}$$
সুতরাং, বর্তনী, ২ এ তাপে উৎপাদনের হার-
$P_2 = (I')^2 R_p = (3.43)^2 \times 3 = 35.3\ \text{Js}^{-1}$
$\therefore P_2 > P_1$

সুতরাং, গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায় বর্তনী-২ এ উৎপন্ন তাপের হার বর্তনী-১ অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৪০ বরিশাল বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৪

উপমা তার বাসায় একটি বৈদ্যুতিক কেতলীতে 2 litre পানি গরম করতে দিল। 1500 W এর কেতলীটি 220 V সরবরাহ লাইনের সাথে যুক্ত ছিল। সে দেখল 07 min পর পানি ফুটছে। [পানির আপেক্ষিক তাপ = 4200 $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]

◀ অধ্যায় ১ ও ৩ এর সমন্বয়ে

ক. মিটার ব্রীজ কী?

খ. কোনো পরিবাহীর রোধ 1 Ω বলতে কী বুঝায়?

গ. উৎপন্ন তাপের পরিমাণ ক্যালরী এককে নির্ণয় করো।

ঘ. উপরোক্ত তথ্য থেকে ঐ দিনের কক্ষ তাপমাত্রা নির্ণয় কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে যন্ত্র দ্বারা এক মিটার লম্বা সুষম প্রস্থচ্ছেদের একটি কাজে লাগিয়ে ও হুইটস্টোন ব্রীজের নীতি ব্যবহার করে অজানা নির্ণয় করা হয় তাই মিটার ব্রীজ।

খ কোনো পরিবাহীর রোধ 1Ω বলতে বোঝায় ঐ পরিবাহীর 1A তড়িৎ প্রবাহিত হলে, পরিবাহী দুইপ্রান্তে 1V বিভব পার্থক্য তৈরি

গ আমরা জানি,
কৃতকাজ = উৎপন্ন তাপ
$\therefore Q = W = Pt$
বা, $Q = 1500 \times 420$
$\therefore Q = 630 \times 10^3$ J
$$= \frac{630 \times 10^3}{4.2}\ \text{Cal} = 1.5 \times 10^5\ \text{Cal}$$ **(Ans.)**

এখানে,
কেতলীর ক্ষমতা, P = 1500 W
সময়, t = 7 min = 7 × 60 s
= 420 s
উৎপন্ন তাপের পরিমাণ, Q = ?

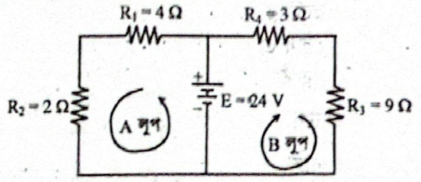
ঘ উপরোক্ত তথ্য থেকে ঐ দিনের কক্ষ তাপমাত্রা নির্ণয় করা যাবে।

আমরা জানি,
পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য গৃহীত তাপ,
$Q = ms\Delta\theta$
বা, $630 \times 10^3 = 2 \times 4200 \times (100 - \theta_1)$
$$\text{বা, } 100 - \theta_1 = \frac{630 \times 10^3}{2 \times 4200}$$
বা, $100 - \theta_1 = 75$
বা, $\theta_1 = 100 - 75$
$\therefore \theta_1 = 25°\text{C}$

এখানে,
'গ' হতে প্রাপ্ত উৎপন্ন তাপ,
$Q = 630 \times 10^3$ J
2L পানির ভর, m = 2 kg
পানির আপেক্ষিক তাপ,
$S = 4200\ \text{Jkg}^{-1}\ \text{K}^{-1}$
ফুটন্ত পানির তাপমাত্রা,
$\theta_2 = 100°\text{C}$
কক্ষ তাপমাত্রা, θ_1 = ?

অতএব, উপরোক্ত তথ্যানুযায়ী ওইদিনের কক্ষ তাপমাত্রা 25°C।

প্রশ্ন ▶ ৪১ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ ❙ প্রশ্ন নং ৪



ক. তুল্য রোধ কী? ১

খ. তড়িৎ চৌম্বকীয় আবেশ শক্তির সৃষ্টি নয় বরং শক্তির রূপান্তর- ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. R_2 রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের 'A' লুপের R_1 রোধের সাথে শ্রেণিতে না সমান্তরালে কত রোধ যুক্ত করলে উভয় লুপে একই প্রবাহিত হবে- গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রোধের কোনো সমবায়ের রোধগুলোর পরিবর্তে যে একটিমাত্র ব্যবহার করলে বর্তনীর প্রবাহ ও বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন না তাকে ঐ সমবায়ের তুল্য রোধ বলে।

খ তাড়িত চৌম্বক আবেশের ফলে দেখা যায় যে, কোনো কুন্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তির উৎস ছাড়াই তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন আপাত দৃষ্টিতে মনে হতে পারে যে, এখানে নতুন শক্তি সৃষ্টি হচ্ছে শক্তির নিত্যতা সূত্র লঙ্ঘিত হচ্ছে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে তাড়িত আবেশে কোনো নতুন শক্তি সৃষ্টি হয় না, বরং শক্তির রূপান্তর লেঞ্জের সূত্র থেকে তা প্রমাণ করা যায়। বস্তুতঃ দণ্ডচুম্বক ও বদ্ধকুণ্ডলীর মাঝে আপেক্ষিক গতি বজায় রাখতে যে যান্ত্রিক শক্তি ব্যয় করতে তাই এখানে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তাই বলা যায় যে, চুম্বকীয় আবেশ শক্তির সৃষ্টি নয় বরং শক্তির রূপান্তর।

ও'মের সূত্র থেকে পাই,
রোধের ভিতর দিয়ে তড়িৎ
বাহের মান,
$= \frac{E}{R_1 + R_2}$
$= \frac{24}{4+2} = 4$ A (Ans.)

এখানে,
A লুপের রোধসমূহ হলো—
রোধ, $R_1 = 4\ \Omega$
রোধ, $R_2 = 2\ \Omega$
এবং তড়িচ্চালক বল, $E = 24$ V

মনে করি, বর্তনীর A অংশে R_1 এর পরিবর্তে রোধ যুক্ত থাকলে দুই লুপের ভিতর দিয়ে একই তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

এখানে,
$R_1 = 4\ \Omega$
$R_2 = 2\ \Omega$
$R_4 = 3\ \Omega$
$R_3 = 9\ \Omega$

ানে, $I_A = I_B$
$\frac{E}{R_1' + R_2} = \frac{E}{R_4 + R_3}$
$R_1' + R_2 = R_4 + R_3$
$R_1' = R_4 + R_3 - R_2 = 3 + 9 - 2 = 10\ \Omega$
করি, 10 Ω > 4 Ω বা, $R_1' > R_1$, অর্থাৎ R_1 অংশে প্রয়োজনীয় বিদ্যমান রোধ অপেক্ষা বেশি।
রাং, R_1 এর সাথে $(10 - 4) = 6\ \Omega$ রোধ শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে র লুপে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

▶৪২ **সিলেট বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৩**

বিক তাপমাত্রায় (25°C) টাংস্টেন তারের রোধ 65 Ω। এরূপ তার রে দুটি বৈদ্যুতিক হিটারের কুণ্ডলী তৈরি করে বৈদ্যুতিক লাইনের সাথে 0 V) সমান্তরালে যুক্ত করা হল। এতে কুণ্ডলী তারের তাপমাত্রা 250°C উন্নীত হল। ১ম কুণ্ডলী তারের দৈর্ঘ্য ও ব্যাস উভয়ই ২য় কুণ্ডলীর নায় দ্বিগুণ। টাংস্টেন রোধের উষ্ণতা গুণাংক, $\alpha = 4.5 \times 10^{-3}\ {}^\circ C^{-1}$.

ক. কার্শফের ২য় সূত্রটি লেখো। ১
খ. সরু ধাতব তারকে শান্ট হিসেবে ব্যবহার করা হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. 250°C এ টাংস্টেন তারের রোধ কত হবে? ৩
ঘ. কোন কুণ্ডলীতে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর ভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ বাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

অ্যামিটারের সাথে সমান্তরালে খুব স্বল্পমানের একটি রোধ লাগিয়ে মিটারের পাল্লা বৃদ্ধি করা হয়, একে শান্ট বলে। রোধের $R \propto \frac{1}{A}$ অনুসারে, সরু ধাতব তারের রোধ অপেক্ষাকৃত বেশি হওয়ায় একে ন্ট হিসেবে ব্যবহার করা যায় না। কারণ এর ফলে অ্যামিটারের ভিতর য়ে বেশি মাত্রার তড়িৎ প্রবাহিত হয়ে অ্যামিটারকে পুড়িয়ে ফেলতে রে। অন্য কথায়, সরু ধাতব তার শান্ট হিসেবে ব্যবহার করে মিটারের পাল্লা খুব বেশি বৃদ্ধি করা সম্ভব নয়।

আমরা জানি,
C তাপমাত্রায় রোধ R_0 হলে,
C তাপমাত্রায় রোধ,
$= R_0 (1 + \alpha\theta)$
25°C তাপমাত্রায় রোধ,
$= R_0 (1 + 25\alpha)$ .... (i)
250°C তাপমাত্রায় রোধ,
$= R_0 (1 + 250\alpha)$ ..... (ii)
÷ (i) হতে পাই,
$= \frac{1 + 250\alpha}{1 + 25\alpha}$
$= \frac{1 + 250 \times 4.5 \times 10^{-3}}{1 + 25 \times 4.5 \times 10^{-3}} = 1.91$
$R_2 = 1.91\ R_1$
$= 1.91 \times 65\ \Omega$
$= 124.15\ \Omega$ (Ans.)

এখানে,
প্রাথমিক তাপমাত্রা, $\theta_1 = 25°C$
চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $\theta_2 = 250°C$
প্রাথমিক তাপমাত্রায় রোধ,
$R_1 = 65\ \Omega$
রোধের উষ্ণতা গুণাংক,
$\alpha = 4.5 \times 10^{-3}\ {}^\circ C^{-1}$
চূড়ান্ত তাপমাত্রায় রোধ, $R_2 = ?$

ঘ আমরা জানি,
$R = \frac{\rho l}{A}$
১ম কুণ্ডলীর রোধ R_1 এবং ২য় কুণ্ডলীর রোধ R_2 হলে,

এখানে,
ধরি, ২য় কুণ্ডলীর তারের দৈর্ঘ্য $= l_2$
২য় কুণ্ডলীর তারের ব্যাস $= D_2$
১ম কুণ্ডলীর তারের দৈর্ঘ্য, $l_1 = 2l_2$
১ম কুণ্ডলীর তারের ব্যাস, $D_1 = 2D_2$

$$R_2 = \frac{\rho l_2}{A_2} = \frac{\rho l_2}{\pi \frac{D_2^2}{4}} \text{ .... (i)}$$

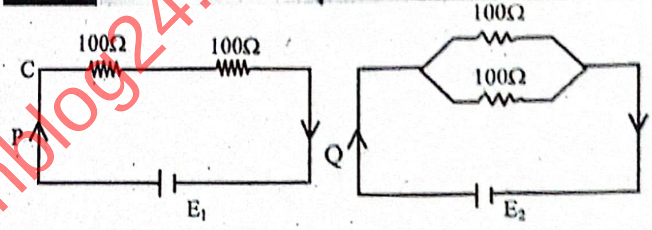
$$\text{এবং } R_1 = \frac{\rho l_1}{\pi \frac{D_1^2}{4}} \text{ .... (ii)}$$

(ii) ÷ (i) করে পাই,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{l_1}{D_1^2}}{\frac{l_2}{D_2^2}} = \frac{l_1 D_2^2}{l_2 D_1^2} = \frac{2l_2 \times D_2^2}{l_2 \times 4D_2^2} = \frac{1}{2}$$

কুণ্ডলীদ্বয় সমান্তরালে যুক্ত তাই উভয় ক্ষেত্রে বিভব সমান। আমরা পাই,
$\frac{H_1}{H_2} = \frac{V^2/R_1}{V^2/R_2} = \frac{R_2}{R_1} = 2;$
$\therefore H_1 = 2H_2$
সুতরাং, প্রথম কুণ্ডলীতে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে।

প্রশ্ন ▶৪৩ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ I প্রশ্ন নং ৩**



P ও Q দুটি বর্তনী যার প্রত্যেকটিতে রোধযুক্ত তারের দৈর্ঘ্য 0.5m এবং ব্যাসার্ধ 0.2cm। বর্তনী দুটিতে একই সময় ধরে তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে।

ক. এক ইলেকট্রন ভোল্ট কাকে বলে? ১
খ. কোনো সমবিভব তলে চার্জ স্থানান্তরে কৃত কাজ শূন্য- ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে যে কোন তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. P ও Q বর্তনীতে একই সময়ে সমপরিমাণ তাপ উৎপন্ন হতে হলে তড়িচ্চালক শক্তি E_1 এর মান E_2 এর চেয়ে বেশি না কম হবে– গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক ভোল্ট বিভব পার্থক্যে ত্বরিত একটি ইলেকট্রন যে শক্তি অর্জন করে তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

খ আমরা জানি, কোন তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে A ও B দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য যথাক্রমে V_A ও V_B হলে, q একক ধনাত্মক আধানকে B বিন্দুর থেকে A বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ,
$W = q (V_A - V_B)$
সমবিভব তলের ক্ষেত্রে, $V_A = V_B$
অর্থাৎ, $W = q (0) = 0$
সুতরাং সমবিভব তলে কৃতকাজ শূন্য হয়।

গ এখানে, প্রতিটি তারের রোধ, $R = 100\ \Omega$
প্রতিটি তারের দৈর্ঘ্য, $L = 0.5$ m
প্রতিটি তারের ব্যাসার্ধ, $r = 0.2 \text{ cm} = 0.2 \times 10^{-2} \text{ m} = 2 \times 10^{-3}$ m
∴ আপেক্ষিক রোধ, $\rho = ?$
আমরা জানি, $\rho = \frac{\pi r^2}{L} R$
বা, $\rho = \frac{3.1416 \times (2 \times 10^{-3})^2}{0.5} \times 100\ \Omega$ m
$\therefore \rho = 2.51 \times 10^{-3}\ \Omega$ m (Ans.)

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, P বর্তনীতে 100Ω রোধ দুটি শ্রেণিতে এবং Q বর্তনীতে 100Ω রোধ দুটি সমান্তরালে যুক্ত।

∴ P বর্তনীর তুল্য রোধ, $R_s = 100 + 100 = 200\Omega$

এবং Q বর্তনীর তুল্য রোধ, R_p হলে, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{1}{50}$

∴ $R_p = 50\Omega$

P বর্তনীতে উৎপন্ন তাপ, $H = \frac{E_1^2}{R_s} t$

Q বর্তনীতে উৎপন্ন তাপ, $H' = \frac{E_2^2}{R_p} t$

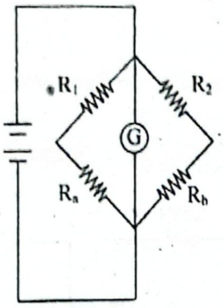
শর্তমতে, $H = H'$ বা, $\frac{E_1^2}{R_s} t = \frac{E_2^2}{R_p} t$ বা, $\frac{E_1^2}{200} = \frac{E_2^2}{50}$ বা, $\frac{E_1^2}{4} = E_2^2$

বা, $E_1 = 2E_2$

অর্থাৎ P ও Q বর্তনীতে একই সময়ে উৎপন্ন তাপ সমান হলে E_1, E_2 এর দ্বিগুণ হতে হবে।

অতএব, E_1 এর মান E_2 এর চেয়ে বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৪ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ❙ প্রশ্ন নং ৪



এখানে, $R_1 = 8\ \Omega$, $R_2 = 16\ \Omega$, $R_a = 24\ \Omega$, $R_b = 32\ \Omega$, $G = 1\Omega$
এবং $E = 12\ V$, $r = 0.5\ \Omega$

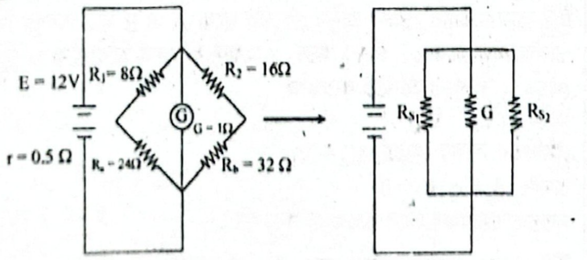
ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১
খ. বাল্বের গায়ে লেখা 100 W-200 V এর অর্থ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বর্তনীর প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বর্তনীর কোন রোধের সাথে 16Ω রোধ যুক্ত করে কি সাম্যবিন্দু পাওয়া সম্ভব? বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাই তড়িৎ দ্বিমেরু।

খ একটি বৈদ্যুতিক বাতির গায়ে লেখা 100W–200V এর অর্থ হলো, বাতিটি 200 V বিভব পার্থক্যে সর্বোচ্চ ক্ষমতায় (100 W) জ্বলবে। এছাড়াও বাতিটি প্রতি সেকেন্ডে 100 J বিদ্যুৎশক্তিকে আলোক ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত করবে।

গ



এখানে, $R_{S_1} = R_1 + R_a = (8 + 24)\ \Omega = 32\Omega$

$R_{S_2} = R_2 + R_b = (16 + 32)\ \Omega = 48\Omega$

$G = 1\Omega$

$$\therefore R_{eq} = \left(\frac{1}{R_{S_1}} + \frac{1}{G} + \frac{1}{R_{S_2}}\right)^{-1}$$

$$= \left(\frac{1}{32} + \frac{1}{1} + \frac{1}{48}\right)^{-1} \Omega = 0.9505\ \Omega$$

আমরা জানি,

$$I = \frac{E}{R_{eq} + r} = \frac{12}{0.9505 + 0.5}$$

∴ $I = 8.273\ A$ (Ans.)

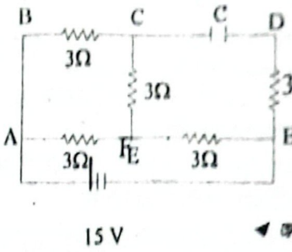
এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12V$
বর্তনীর তুল্য রোধ, $R_{eq} = 0.95$
অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.5\Omega$
বর্তনীর প্রবাহ, $I = ?$

ঘ ১৩ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৪৫ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ❙ প্র

চিত্রটি লক্ষ্য করো ও নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

[এখানে C হলো ধারক, যেটি DC ব্লকার হিসেবে ব্যবহৃত হয়]



ক. রোধের মাত্রা লিখ।
খ. তামার আপেক্ষিক রোধ $1.56 \times 10^{-8}\ \Omega m$ বলতে কী বোঝ?
গ. বর্তনীটির তুল্যরোধ নির্ণয় করো।
ঘ. 6 Ω রোধের বিভব পার্থক্য 4 V হলে E নির্ণয় করা কি সম্ভব? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রোধের মাত্রা হলো $ML^2T^{-3}I^{-2}$।

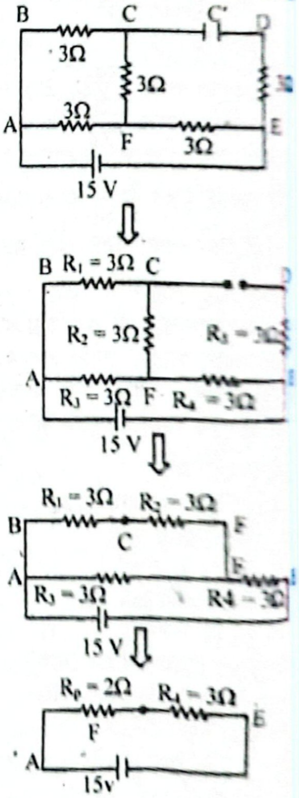
খ তামার আপেক্ষিক রোধ $1.56 \times 10^{-8}\ \Omega\ m$ বলতে বুঝায় নির্দি তাপমাত্রায় 1 m বাহু ও 1 m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তারের রোধ হবে $1.56 \times 10^{-8}\ \Omega$।

গ DC সার্কিটে ধারক C′open বা খোলা বর্তনী হয় বলে বর্তনীটি পাশের চিত্রের ন্যায় হবে। এক্ষেত্রে, বর্তনীর D ও E বিন্দুর সাথে $R_5 = 3\ \Omega$ এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। তাই এটি তুল্যরোধের হিসাবে আসবে না। তাই নতুন বর্তনীটিতে R_1 ও R_2 শ্রেণিতে যুক্ত থাকবে। এদের তুল্যরোধ, $R_s = R_1 + R_2$
$= (3 + 3)\ \Omega = 6\ \Omega$

R_s ও R_3 সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ

R_p হলে, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_3}$
$= \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1}{2}$

∴ $R_p = 2\ \Omega$

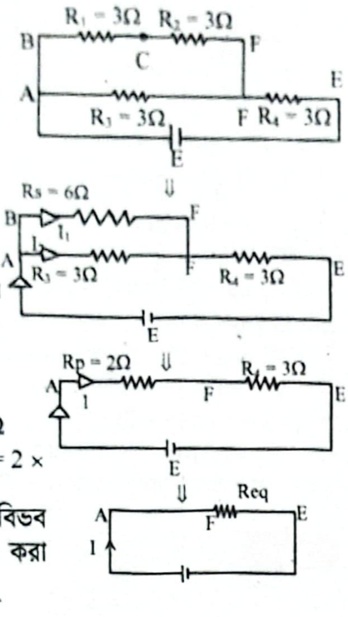


এখন, R_p ও R_4 শ্রেণিতে যুক্ত।

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ,
$R_{eq} = R_p + R_4 = (2 + 3)\ \Omega$
$= 5\ \Omega$ (Ans.)

ঘ 'গ' থেকে পাই, C ও D বিন্দুর মাঝের C′ ধারক ও D ও E বিন্দুর মাঝের 3Ω রোধ বাদ দিয়ে সরলীকৃত বর্তনীতে
R_1 ও R_2 শ্রেণিতে থাকায় এদের তুল্যরোধ, $R_s = R_1 + R_2 = (3 + 3)\Omega$
$= 6\ \Omega$

আছে, $R_s = 6\,\Omega$ রোধের বিভব পার্থক্য,
$= V_{AF} = 4$ V
$= 6\,\Omega$ রোধের মধ্য দিয়ে
ড়িৎ প্রবাহ,
$= \frac{V_{BF}}{R_s} = \frac{4}{3} = \frac{2}{3}$ A
$= 3\,\Omega$ রোধের মধ্য দিয়ে
ড়িৎ প্রবাহ,
$= \frac{V_{AF}}{R_3} = \frac{4}{3}$ A
নীর প্রবাহ, $I = I_1 + I_2$
$\left(\frac{2}{3} + \frac{4}{3}\right)$ A = 2 A
'ঘ' হতে পাই,
বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = 5\,\Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = IR_{eq} = 2 \times$
$= 10$ V
সুতরাং বলা যায়, $6\,\Omega$ রোধের বিভব পার্থক্য 4 V হলে E নির্ণয় করা সম্ভব।



প্রশ্ন ▸ ৪৬ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৩

120 V এর একটি তড়িৎ উৎসের সাথে 60Ω এর দুইটি রোধক শ্রেণি সংযোগে যুক্ত আছে। পরবর্তীতে রোধক দুইটিকে পরস্পরের সাথে সমান্তরালে রেখে একই তড়িৎ উৎসের সাথে যুক্ত করা হলো।

ক. অভ্যন্তরীণ শক্তি কী? ১
খ. আলোর ব্যতিচারে সুসঙ্গত উৎসের প্রয়োজন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. শ্রেণি সংযোগে রোধগুলোর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করা। ৩
ঘ. কোন সংযোগে একটি নির্দিষ্ট সময়ে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক সিস্টেমের মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সুপ্ত অবস্থায় থাকে যার দ্বারা সিস্টেমটি অবস্থা অনুযায়ী কাজ করতে পারে বা শক্তি রূপান্তর করতে পারে। সিস্টেমে সঞ্চিত এ শক্তিই অভ্যন্তরীণ শক্তি।

খ ব্যতিচারের জন্য প্রয়োজনীয় আলোক তরঙ্গদ্বয়ের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে এবং এদেরকে একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা-পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এই দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকতে হবে। এসকল বৈশিষ্ট্য কেবল সুসংগত আলোক উৎসে রয়েছে বিধায় আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎসের প্রয়োজন।

গ

শ্রেণিতে তুল্যরোধ,
$R_s = R_1 + R_2 = 60 + 60 = 120\,\Omega$

এখানে,
রোধ, $R_1 = R_2 = 60\,\Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 120$ V

∴ তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_s} = \frac{120}{120} = 1$ A **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, শ্রেণি সংযোগে তুল্যরোধ,
$R_s = 120\,\Omega$
শ্রেণি সংযোগে তড়িৎ প্রবাহ, $I = 1$ A
সমান্তরাল সংযোগে তুল্যরোধ R_p হলে,
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

এখানে,
রোধ $R_1 = R_2 = 60\,\Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি,
$E = 120$ V

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{60} + \frac{1}{60}$
বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{30}$
বা, $R_p = 30\,\Omega$

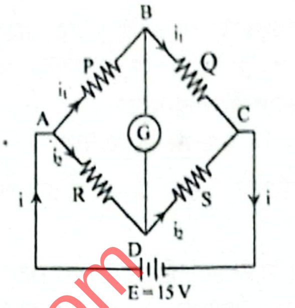
সমান্তরাল সংযোগ তড়িৎ প্রবাহ, $I' = \frac{E}{R_p} = \frac{120}{30} = 4$ A

শ্রেণি সংযোগে তাপ উৎপন্ন হওয়ার হার,
$P = I^2R_s = (1)^2 \times 120 = 120$ W
সমান্তরাল সংযোগে তাপ উৎপন্ন হওয়ার হার $P' = I'^2 \times R_p$
$= 4^2 \times 30 = 480$ W

এখানে, $P' > P$

সুতরাং সমান্তরাল সংযোগে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৭ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৬



এখানে, P = 150Ω, Q = 100Ω, R = 20Ω, S = 10Ω

ক. ব্যতিচার কী? ১
খ. রান্নার সময় মাইক্রোওয়েভ ব্যবহার করা হয় কেন? ২
গ. হুইটস্টোন ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় রাখতে Q রোধের সাথে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করতে হবে? ৩
ঘ. ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় থাকলে ABC ও ADC পথে তড়িৎ প্রবাহের অনুপাত কত? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি অবস্থিত দুটি সুসজ্ঞাত উৎস থেকে নির্গত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হওয়াই আলোর ব্যতিচার।

খ তড়িৎচুম্বক বর্ণালীতে সাধারণত যার তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি সেটি কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বর্ণালী অপেক্ষা কম উষ্ণ হয়। স্বাভাবিকভাবেই অবলোহিত রশ্মি বা সাধারণ আলো মাইক্রোওয়েভের চেয়ে উষ্ণতর। তথাপি আমরা খাবার রান্নায় মাইক্রোওয়েভ ব্যবহার করি। কারণ, সাধারণ খাবার খুব দ্রুত সাধারণ আলো বা অবলোহিত রশ্মি শোষণ করে ফেলে। ফলে খাবারের নিচের স্তর গরম হলেও উপরের স্তর ঠাণ্ডা থেকে যায়। মাইক্রোওয়েভ কম শোষিত হওয়ার কারণে খাবারের উপরের স্তর পর্যন্ত পৌঁছাতে পারে। ফলে খাবার গরম/রান্না করা সহজতর হয়।

গ ধরি, Q রোধের পরিবর্তে Q′ রোধ ব্যবহার করলে হুইটস্টোন ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে।

সেক্ষেত্রে আমরা পাই— $\frac{P}{Q'} = \frac{R}{S}$

এখানে,
রোধ P = 150Ω,
Q = 100Ω, R = 20Ω
S = 10 Ω

বা, $Q' = \frac{P \times S}{R} = \frac{150 \times 10}{20} = 75\,\Omega$

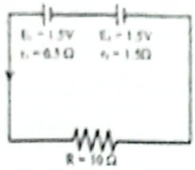
দেখা যাচ্ছে যে, $Q' < Q$। তাই Q রোধের সাথে যুক্ত করা রোধটি সমান্তরাল সংযোগে রাখতে হবে। এক্ষেত্রে Q এর সাথে সংযুক্ত রোধের মান X হলে আমরা পাই —
$$\frac{1}{Q} + \frac{1}{X} = \frac{1}{75} \text{ বা, } \frac{1}{100} + \frac{1}{X} = \frac{1}{75} \text{ বা, } \frac{1}{X} = \frac{1}{75} - \frac{1}{100} = \frac{1}{300}$$
$\therefore X = 300\Omega$

অর্থাৎ, Q রোধের সাথে 300Ω মানের রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে। **(Ans.)**

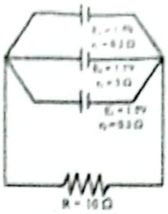
ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ABC ও ADC পথে তড়িৎ প্রবাহের অনুপাত 2 : 15।

প্রশ্ন ▶ ৪৮ রংপুর ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং ২



বর্তনী-১



বর্তনী-২

ক. তাপের যান্ত্রিক তুল্যাংক কী? ১

খ. ফিশন ও ফিউশন বিক্রিয়ার মধ্যে কোনটি অধিক ক্ষতিকর— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কির্শফের সূত্রের সাহায্যে বর্তনী-১ এর I এর মান নির্ণয় করো। ৩

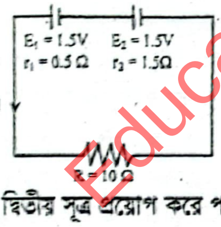
ঘ. প্রতি একক সময়ে কোন বর্তনীটি বেশি শক্তি হারাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক একক পরিমাণ তাপের সমান যান্ত্রিক শক্তিই তাপের যান্ত্রিক তুল্যাংক।

খ ফিশান অপেক্ষা ফিউশান বিক্রিয়ায় অনেক বেশি নিউক্লীয় শক্তি নির্গত হলেও ফিশান অপেক্ষা ফিউশান নিরাপদ। কারণ ফিশান একটি শৃংখল বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়া একবার শুরু হলে একে দমন করা যায় না। বিভিন্ন পারমানবিক চুল্লিতে ক্যাডমিয়াম ধাতু ব্যবহার করা হয় ফিশান প্রক্রিয়ায় সাহায্যকারী নিউট্রন শোষণ করে বিক্রিয়ার গতি কমানোর জন্য। অন্যদিকে ফিউশান বিক্রিয়া শৃংখল বিক্রিয়া হলেও এই বিক্রিয়া ঘটে অতি উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাস প্লাজমায়। তাই ফিশান অপেক্ষা ফিউশান বিক্রিয়া অধিক নিরাপদ।

গ



বন্ধ লুপটিতে কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$IR - E_2 + Ir_2 - E_1 + Ir_1 = 0$

বা, $I(R + r_2 + r_1) = E_1 + E_2$

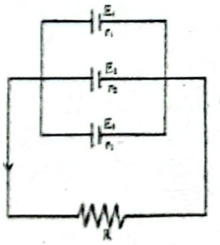
বা, $I\,(10 + 1.5 + 0.5) = 1.5 + 1.5$

বা, $I = \frac{3}{12} = 0.25A$

∴ বর্তনী-১ এ I এর মান 0.25 A. **(Ans.)**

ঘ

বর্তনী-২ :



আমরা জানি, সমান তড়িচ্চালক শক্তি বিশিষ্ট কোষগুলো সমান্তরালে থাকলে সমন্বয়ের মোট তড়িচ্চালক শক্তি যেকোনো একটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তির সমান।

সুতরাং, বর্তনী-২ এর ক্ষেত্রে আমরা পাই, বর্তনীর কার্যকর তড়িৎচ্চালক শক্তি,

$E'_2 = 1.5$ V

∴ তড়িৎ প্রবাহ, $I_2 = \frac{E}{R_{eq}}$

$= \frac{E'_2}{R + \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}\right)^{-1}}$

$= \frac{1.5}{10 + \left(\frac{1}{0.3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{0.3}\right)^{-1}}$

$= 0.1479$ A

এখানে,
কোষের তড়িচ্চালক শক্তি
$E'_2 = E_1 = E_2 = E_3 = 1.5V$
কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ,
$r_1 = r_3 = 0.3\Omega$
$r_2 = 3\Omega$
বহিঃস্থ রোধ,
$R = 10\Omega$

'গ' হতে প্রাপ্ত,

বর্তনী-১ এর তড়িৎ প্রবাহ, $I_1 = 0.25$ A

এবং তড়িচ্চালক বল, $E_1 = 2 \times 1.5$ V $= 3$ V

∴ বর্তনী-১ এর প্রতি সেকেন্ডে (t = 1s) ব্যয়িত শক্তি,

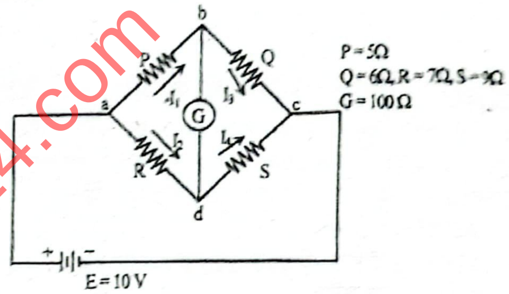
$W_1 = E_1I_1t = 3 \times 0.25 \times 1$ J $= 0.75$ J

বর্তনী-২ এর ব্যয়িত শক্তি,

$W_2 = E'_2I_2t = 1.5 \times 0.1479 \times 1 = 0.2219$ J

অর্থাৎ, প্রতি একক সময়ে বর্তনী-১ বেশি শক্তি হারাবে।

প্রশ্ন ▶ ৪৯ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ | প্রশ্ন নং



চিত্রে একটি হুইটস্টোন ব্রীজ বর্তনী দেখানো হয়েছে।

ক. শান্ট কাকে বলে? ১

খ. শান্টকে কেন অ্যামিটারের সাথে শ্রেণিতে ও ভোল্টমিটারের সাথে সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়? ২

গ. b ও d বিন্দুর বিভব পার্থক্য শূন্য হতে হলে S এর মান কত হতে হবে? ৩

ঘ. কির্শফের সূত্র প্রয়োগ করে বর্তনীটির তূল্যরোধ নির্ণয় করা সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটার বা সূক্ষ্ম ও সুবেদী বৈদ্যুতিক যন্ত্রের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে শান্ট বলে।

খ শান্ট একটি কম রোধ বিশিষ্ট রোধক। অ্যামিটার দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ মাপার জন্য এটিকে শ্রেণিতে সংযোগ করা প্রয়োজন, কারণ তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করার জন্য এটি অবশ্যই পুরো বর্তনীর মধ্য দিয়ে একই হারে প্রবাহিত হতে হবে। যদি এটি সমান্তরালে সংযোগ করা হতো, তাহলে মূল বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ পরিবর্তিত হয়ে যেত এবং সঠিক পরিমাপ সম্ভব হতো না। অন্যদিকে ভোল্টমিটারে সাধারণত শান্ট ব্যবহৃত হয় না। এতে শান্টের পরিবর্তে উচ্চ মান সম্পন্ন সিরিজ রেজিস্টর ব্যবহার করা হয়, যাতে এটি খুব কম পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করে এবং নির্ভুল ভোল্টেজ পরিমাপ করতে পারে।

গ

b ও d বিন্দুর বিভব পার্থক্য শূন্য হতে হলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় থাকতে হবে।

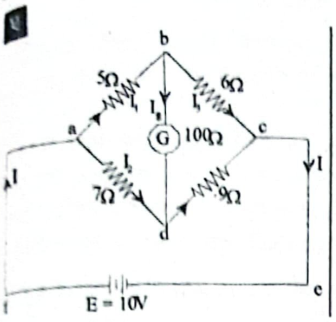
অর্থাৎ $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ হতে হবে

বা, $\frac{5}{6} = \frac{7}{S}$

বা, $S = \frac{7 \times 6}{5} = 8.4\ \Omega$ **(Ans.)**

এখানে,
রোধ, $P = 5\ \Omega$,
$Q = 6\ \Omega$,
$R = 7\ \Omega$

ঘ


b
5Ω
6Ω
I_1
I_g
I_3
a
G
100Ω
c
I_2
I_4
7Ω
9Ω
d
I
I
f
e
E = 10V

এখানে,
রোধ, $P = 5\,\Omega$,
$Q = 6\,\Omega$,
$R = 7\,\Omega$,
$S = 9\,\Omega$,
$G = 100\,\Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 10\text{ V}$
ধরি, মোট প্রবাহ I

b বিন্দুতে কির্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$I_1 = I_g + I_3$ বা, $I_g = I_1 - I_3$ .... (1)

abcefa পথে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$5I_1 + 6I_3 - 10 = 0$ .... (2)

adcefa পথে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$7I_2 + 9I_4 - 10 = 0$ .... (3)

abda পথে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$5I_1 + 100I_g - 7I_2 = 0$

বা, $5I_1 + 100 \times (I_1 - I_3) - 7I_2 = 0$ [(1) হতে Ig এর মান বসিয়ে]

বা, $105I_1 - 7I_2 - 100I_3 = 0$ ..... (4)

d বিন্দুতে কির্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$I_2 + I_1 = I_4$ .... (5)

(1) ও (5) হতে পাই,

$I_2 + I_1 - I_3 = I_4$

বা, $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$ .... (6)

(2), (3), (4) ও (6) নং সমীকরণ সমাধান করে পাই,

$I_1 = 0.908\text{ A}$, $I_2 = 0.625\text{ A}$, $I_3 = 0.9098\text{ A}$,

$I_4 = 0.6243\text{ A}$

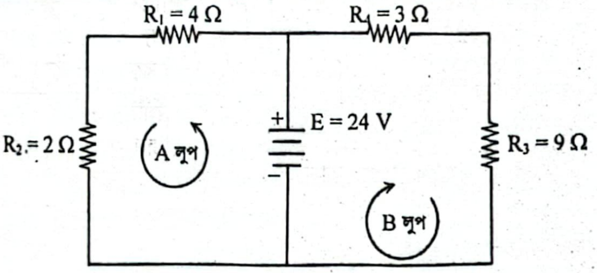
a বিন্দুতে কির্শফের ১ম সূত্রানুসারে,

$I = I_1 + I_2 = 0.908 + 0.625 = 1.533\text{ A}$

বর্তনীর মোট তুল্যরোধ, R_{eq} হলে,

$$R_{eq} = \frac{E}{I} = \frac{10}{1.533} = 6.52\,\Omega$$

প্রশ্ন ▶ ৫০ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৩


$R_1 = 4\,\Omega$
$R_4 = 3\,\Omega$
$R_2 = 2\,\Omega$
A লুপ
+
E = 24 V
−
$R_3 = 9\,\Omega$
B লুপ

ক. গাউসীয়ান তল কী? ১
খ. তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে রোধের সম্পর্ক ব্যাখ্যা করো। ২
গ. R_2 রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের 'A' লুপের R_1 রোধের সাথে শ্রেণিতে না কি সমান্তরালে কত রোধ যুক্ত করলে উভয় লুপে একই তড়িৎ প্রবাহিত হবে- গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

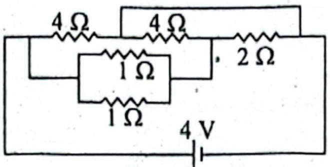
ক একটি চার্জের চারদিকে কল্পিত বন্ধ তলই গাউসীয় তল।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায়। আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাঁধার ফলে ইলেকট্রনের বেগ হ্রাস পায়। এ বাঁধাই পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়, ফলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহির রোধ বৃদ্ধি পায়। আবার, অর্ধপরিবাহী পদার্থের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে এদের মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। এতে করে বিদ্যুৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ, রোধ হ্রাস পায়।

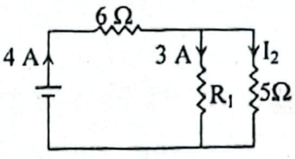
গ ৪১ (গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৪১ (ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫১ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬


4 Ω
4 Ω
2 Ω
1 Ω
1 Ω
4 V

চিত্র-১


6 Ω
4 A
3 A
I_2
R_1
5Ω

চিত্র-২

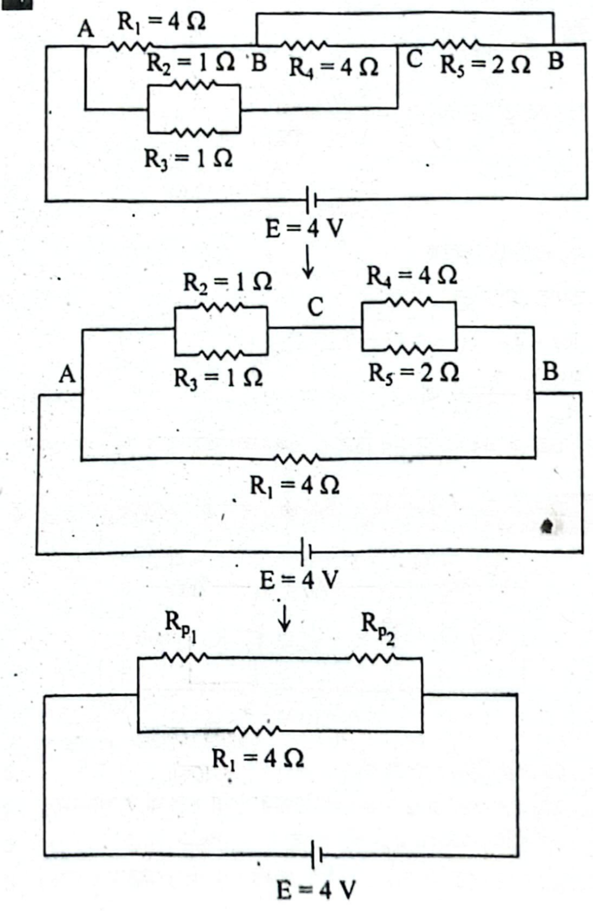
ক. শান্ট কী? ১
খ. বিশুদ্ধ সিলিকন কি অর্ধপরিবাহী? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চিত্র-১ এর মোট তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের চিত্র দুটির তুল্যরোধের তুলনা করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটার বা সূক্ষ্ম ও সুবেদী বৈদ্যুতিক যন্ত্রের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাই শান্ট।

খ যে সকল পদার্থের পরিবাহিতাংক অপরিবাহী ও পরিবাহীর মাঝামাঝি এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে যাদের রোধ কমে যায় অর্থাৎ পরিবাহিতাংক বাড়ে এবং সুবিধাজনক অপদ্রব্য যোগ করলে যাদের পরিবাহিতাংক ধর্মের উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটে তাদেরকে সেমিকন্ডাক্টর বা অর্ধপরিবাহী বলে। বিশুদ্ধ সিলিকন একটি অর্ধপরিবাহী। কারণ এর পরিবাহিতাংক অপরিবাহী ও পরিবাহীর মাঝামাঝি, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে এর রোধ কমে যায় ও পরিবাহিতা বেড়ে যায়। আবার সামান্য পরিমাণ অপদ্রব্য মেশালেও এর পরিবাহিতা বেড়ে যায়।

গ


A
$R_1 = 4\,\Omega$
$R_2 = 1\,\Omega$
B
$R_4 = 4\,\Omega$
C
$R_5 = 2\,\Omega$
B
$R_3 = 1\,\Omega$
E = 4 V
$R_2 = 1\,\Omega$
C
$R_4 = 4\,\Omega$
A
$R_3 = 1\,\Omega$
$R_5 = 2\,\Omega$
B
$R_1 = 4\,\Omega$
E = 4 V
R_{P_1}
R_{P_2}
$R_1 = 4\,\Omega$
E = 4 V

এখানে, $R_{p_1} = \left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{1}+\frac{1}{1}\right)^{-1} = 0.5\Omega$

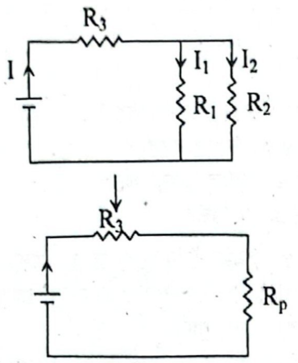
$R_{p_2} = \left(\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{4}+\frac{1}{2}\right)^{-1} = \frac{4}{3}\Omega$

$\therefore R_{eq} = \left(\frac{1}{R_{p_1}+R_{p_2}}+\frac{1}{R_1}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{0.5+\frac{4}{3}}+\frac{1}{4}\right)^{-1} = 1.2571\ \Omega$

$\therefore$ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{4}{1.2571}$

$\therefore I = 3.1818$ A **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, চিত্র-১ এর তুল্যরোধ, $R_{eq} = 1.2571\ \Omega$



এখানে,
চিত্র-২ এর মোট প্রবাহ,
$I = 4$ A
R_1 রোধের ভিতর দিয়ে প্রবাহ,
$I_1 = 3$A
রোধ, $R_2 = 5\Omega$,
$R_3 = 6\Omega$

R_1 ও R_2 সমান্তরালে আছে,
তাই,

$I_1 = \frac{R_2}{R_1+R_2} \times I$

বা, $3 = \frac{5}{R_1+5} \times 4$

বা, $R_1 + 5 = \frac{20}{3}$

$R_1 = \frac{20}{3} - 5 = \frac{5}{3}\Omega$

R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ, $R_p = \left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)^{-1}$

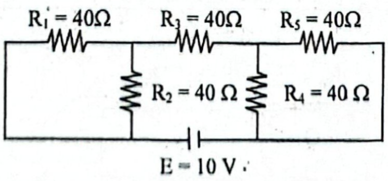
$= \left(\frac{1}{5/3}+\frac{1}{5}\right) = 1.25\ \Omega$

R_3 ও R_P শ্রেণিতে আছে।
তাই বর্তনীর মোট তুল্যরোধ,
$R'_{eq} = R_3 + R_P = 6 + 1.25 = 7.25\ \Omega$

এখন, $\frac{R'_{eq}}{R_{eq}} = \frac{7.25}{1.2571}$ বা, $R'_{eq} = 5.767\ R_{eq}$

সুতরাং, চিত্র-২ এর তুল্যরোধ চিত্র-১ এর তুল্যরোধের 5.767 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫২ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৪



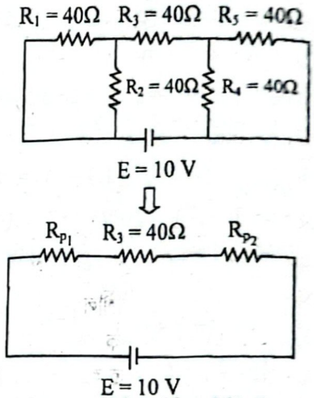
ক. রোধের উষ্ণতা সহগ কী? ১
খ. তড়িচ্চালক শক্তি ও বিভব পার্থক্যের মধ্যে সম্পর্ক ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বর্তনীটির তুল্যরোধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. R_2 ও R_3 তে উৎপন্ন তাপ কি একই? তোমার মতামত দাও। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 0°C তাপমাত্রায় থাকা 1Ω রোধবিশিষ্ট কোনো একটি পরিবাহীর তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধিতে এর রোধ যে পরিমাণ বৃদ্ধি পায় তাই রোধের উষ্ণতা সহগ।

খ একক ধনাত্মক আধানকে কোষসহ বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে কোষ যে শক্তি ব্যয় করে, তাই ঐ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, আবার একক ধনাত্মক আধানকে বর্তনীর এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে নিতে কৃতকাজই দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য।
আমরা জানি, তড়িৎপ্রবাহ, $I = \frac{E}{R+r}$ বা, $E = IR + Ir$ বা, $E = V + Ir$;
বা, তড়িচ্চালক শক্তি = বিভবপার্থক্য + হারানো ভোল্ট। অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 0 হলে, তড়িচ্চালক শক্তি = বিভব পার্থক্য হয়। এটিই তড়িৎচ্চালক শক্তি ও বিভব পার্থক্যের মধ্যে সম্পর্ক।

গ বর্তনীতে R_1 ও R_2 সমান্তরালে যুক্ত।
এদের তুল্যরোধ,

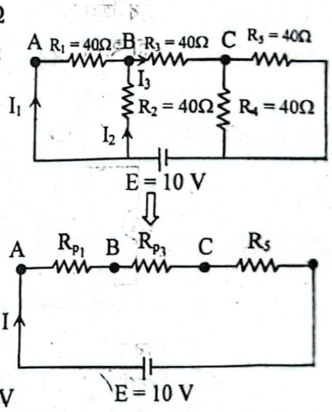


$R_{p_1} = \left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)^{-1}$
$= \left(\frac{1}{40}+\frac{1}{40}\right)^{-1} = 20\ \Omega$

একইভাবে, সমান্তরালে যুক্ত R_4 ও R_5 এর তুল্যরোধ,
$R_{p_2} = \left(\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}\right)^{-1}$
$= \left(\frac{1}{40}+\frac{1}{40}\right)^{-1}$
$= 20\ \Omega$

এখন, R_{p_1}, R_3 ও R_{p_2} শ্রেণিতে যুক্ত।
$\therefore$ বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_{p_1} + R_3 + R_{p_2} = (20 + 40 + 20)\ \Omega$
$= 80\ \Omega$ **(Ans.)**

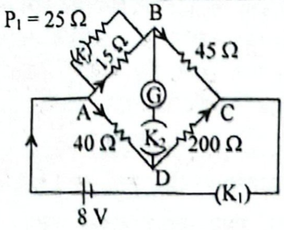
ঘ 'গ' থেকে পাই,



R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ, $R_{p_1} = 20\ \Omega$
R_4 ও R_5 এর তুল্যরোধ, $R_{p_2} = 20\ \Omega$
বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = 80\ \Omega$
$\therefore$ বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{10}{80}$
$= 0.125$ A
$\therefore$ R_3 এর প্রবাহ, $I = 0.125$ A
$\therefore$ t সময়ে R_3 রোধে উৎপন্ন তাপ, $H_3 = I^2R_3t$
$= (0.125)^2 \times 40 \times t$
$= 0.625t$ J
A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য,
$V_{AB} = IR_{P_1} = 0.125 \times 20 = 2.5$ V
$\therefore$ t সময়ে R_2 রোধে উৎপন্ন তাপ, $H_2 = \frac{V^2_{AB}}{R_2}t = \frac{(2.5)^2}{40}t$
$= 0.15625t$ J

দেখা যাচ্ছে, $H_2 \neq H_3$
সুতরাং বলা যায়, R_2 ও R_3 রোধে উৎপন্ন তাপ একই নয়।

প্রশ্ন ▸ ৫৩ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ❙ প্রশ্ন নং ৩



ক. তড়িৎ প্রাবল্য কী? ১
খ. জলপ্রপাতের কিছু উপর থেকে পানি পড়লে পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. শুধুমাত্র K_1 চাবি বন্ধ অবস্থায় উদ্দীপকের বর্তনীতে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর সবগুলো চাবি বন্ধ অবস্থায় P_1 রোধের কীরূপ পরিবর্তন করলে গ্যালভানোমিটারের মধ্যে দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে তড়িৎ বল অনুভব করে তাই ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য।

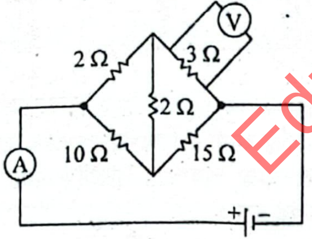
খ তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র বা জুলের সূত্র অনুযায়ী তাপকে কাজে বা কাজকে তাপে রূপান্তর করলে তাপ ও কাজ পরস্পরের সমানুপাতিক হয়, অর্থাৎ $W \propto H$। পানি যখন উপরে থাকে তখন উচ্চতার কারণে এর মধ্যে বিভব শক্তি সঞ্চিত থাকে। জলপ্রপাতের উপর থেকে পানি পড়তে থাকলে এর বিভব শক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হতে থাকে এবং ভূমি স্পর্শের মুহূর্তে সম্পর্ণ বিভবশক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে যায়। এই পানি যখন মাটিতে আঁছড়ে পড়ে তখন মাটির সাথে সংঘর্ষের ফলে গতিশক্তি, তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। উক্ত তাপশক্তি পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে। বিভবশক্তি $W = mgh$ এবং তাপশক্তি $H = ms\Delta\theta$ হলে, জুলের সূত্রানুযায়ী, $W = Q$ বা, $mgh = ms\Delta\theta$ বা, $\Delta\theta = \frac{gh}{s}$ বা, $\Delta\theta \propto h$ [g ও s ধ্রুবক হলে]। তাই সঞ্চিত বিভবশক্তি তাপে রূপান্তরিত হওয়ায় জলপ্রপাতের কিছু উপর থেকে পানি পড়লে পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.167 A।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $P_1 = 22.5\ \Omega$ করলে অর্থাৎ, P_1 কে $2.5\ \Omega$ কমালে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৩

চিত্রে হুইটস্টোন ব্রিজ বর্তনীতে ১ম ও ২য় বাহুতে যথাক্রমে $2\ \Omega$ এবং $3\ \Omega$ মানের দুইটি রোধ ছিল। পরে রোধ দুইটিকে যথাক্রমে P এবং Q দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হলো, যেখানে $0.3P = 0.2Q$।



E = 25 V

ক. ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ কাকে বলে? ১

খ. কোন পরিবাহীর পরিবাহীতা 0.2 সিমেন্স বলতে কী বুঝ? ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে অ্যামিটারটি কত পাঠ দিবে? ৩

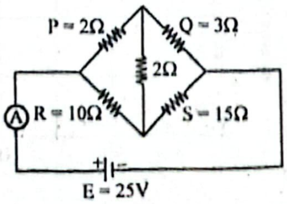
ঘ. ২য় ক্ষেত্রে ভোল্টমিটারটির পাঠ নির্ণয় করা যাবে কি? উত্তরে স্বপক্ষে গাণিতিক যুক্তি প্রদান করো। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড় বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে তাকে ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ বলে।

খ সিমেন্স পরিবাহীতার একক; যা রোধের একক ওহম এর বিপরীত কোন পরিবাহীর পরিবাহীতা 0.2 সিমেন্স বলতে বোঝায় যে, ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 1 V হলে এর মধ্য দিয়ে 0.2 A তড়িৎ প্রবাহ চলে।

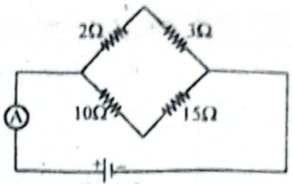
গ ১ম ক্ষেত্রে, বর্তনীটি পাশের চিত্রের ন্যায় হবে—



E = 25V

এখন, $\frac{P}{Q} = \frac{2}{3}$ এবং $\frac{R}{S} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$

$\therefore \frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$; অর্থাৎ, বর্তনীটি হুইটস্টোন ব্রিজের সাম্যবস্থা নির্দেশ করে। ফলে $G = 2\ \Omega$ এর মধ্যে দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। ফলে বর্তনীটি পাশের চিত্রের ন্যায় হবে—



E = 25V

শ্রেণিতে যুক্ত $2\ \Omega$ ও $3\ \Omega$ এর তুল্যরোধ, $R_{s_1} = 2\ \Omega + 3\ \Omega = 5\ \Omega$

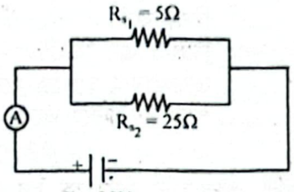
শ্রেণিতে যুক্ত 10Ω ও 15Ω এর তুল্যরোধ, $R_{s_2} = 10\Omega + 15\Omega = 25\Omega$

R_{s_1} ও R_{s_2} সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{R_{s_2}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{25} = \frac{6}{25}$$

$$\therefore R_p = \frac{25}{6}\ \Omega$$

এখানে,
রোধ $P = 2\ \Omega$, $Q = 3\ \Omega$
$R = 10\ \Omega$, $S = 15\ \Omega$
$G = 2\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি,
$E = 25$ V

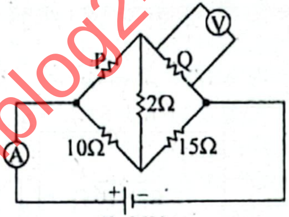


E = 25V

$$\therefore \text{বর্তনীর প্রবাহ, } I = \frac{E}{R_p} = \frac{25}{\frac{25}{6}} = 6\ A$$

∴ ১ম ক্ষেত্রে অ্যামিটারটি 6 A পাঠ দিবে। **(Ans.)**

ঘ ২য় ক্ষেত্রে ১ম ও ২য় বাহুর রোধ দুইটিকে P ও Q দ্বারা প্রতিস্থাপন করলে, বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে,



E=25V

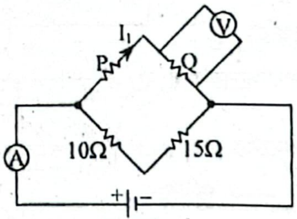
এখানে,
১ম বাহুর রোধ = P
২য় বাহুর রোধ = Q
৩য় বাহুর রোধ, $R = 10\ \Omega$
৪র্থ বাহুর রোধ, $S = 15\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 25$ V

দেওয়া আছে, $0.3P = 0.2Q$ বা, $\frac{P}{Q} = \frac{0.2}{0.3} = \frac{2}{3}$

আবার, $\frac{R}{S} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$

$\therefore \frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$, তাই, বর্তনীতে হুইটস্টোন ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে। ফলে মাঝের $2\ \Omega$ রোধ দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

তাই বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে :



E=25V

এখন, P ও Q রোধের প্রবাহ,

$$I_1 = \frac{E}{P+Q} = \frac{25}{P+Q} = \frac{25}{\frac{2Q}{3} + Q} = \frac{25}{\frac{5Q}{3}} = \frac{15}{Q}\ A$$

এখানে,
$\frac{P}{Q} = \frac{2}{3}$
বা, $P = \frac{2Q}{3}$

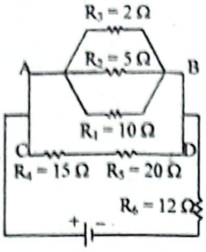
∴ Q রোধের বিভব পার্থক্য,

$$V = I_1 Q = \frac{15}{Q} \times Q = 15\ V$$

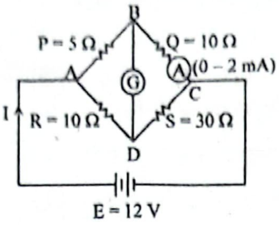
∴ ভোল্টামিটারের পাঠ, V = 15 V

সুতরাং বলা যায়, ২য় ক্ষেত্রে ভোল্টামিটারটির পাঠ নির্ণয় করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ১


$R_3 = 2\,\Omega$
$R_2 = 5\,\Omega$
A
B
$R_1 = 10\,\Omega$
C
D
$R_4 = 15\,\Omega$
$R_5 = 20\,\Omega$
$R_6 = 12\,\Omega$
+
–

চিত্র-১


B
P = 5 Ω
Q = 10 Ω
A
G
A
(0 – 2 mA)
C
I
R = 10 Ω
S = 30 Ω
D
E = 12 V

চিত্র-২

ক. গ্যালিলিও রূপান্তর কী? ১

খ. $E=mc^2$ সমীকরণটির অর্থ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্র-১ এর বর্তনীর AB ও CD তারে তাপ উৎপাদনের হার নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চিত্র-২ এর ব্রিজটির সাম্যাবস্থায় উদ্দীপকের অ্যামিটার দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ মাপতে হলে অ্যামিটারটির অভ্যন্তরীণ কী ধরনের পরিবর্তন করতে হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

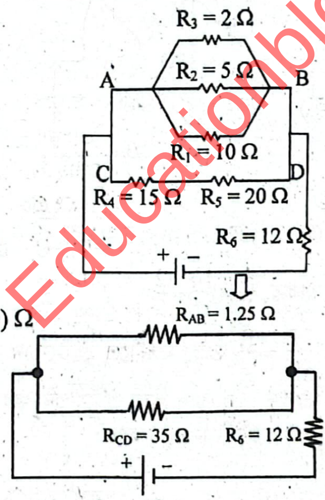
৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল দুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর স্থানাঙ্ক ও সময়ের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনকারী চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের সমীকরণসমূহই গ্যালিলীও রূপান্তর।

খ $E = mc^2$ সমীকরণটি ভর শক্তি সম্পর্ক প্রকাশ করে।
এখানে, E = শক্তি, m = বস্তুর ভর ও c = শূন্য স্থানে আলোর দ্রুতি।
$E = mc^2$ সমীকরণটির অর্থ হলো, যদি m ভরকে শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় তাহলে তা থেকে mc^2 পরিমাণ শক্তি পাওয়া যায়।

গ চিত্রের AB তারে R_1, R_2 ও R_3 রোধ তিনটি সমান্তরালেযুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_{AB} হলে,

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$
$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2} = \frac{4}{5}$$
$$\therefore R_{AB} = \frac{5}{4} = 1.25\,\Omega$$


$R_3 = 2\,\Omega$
$R_2 = 5\,\Omega$
A
B
$R_1 = 10\,\Omega$
C
D
$R_4 = 15\,\Omega$
$R_5 = 20\,\Omega$
$R_6 = 12\,\Omega$
+
–
$R_{AB} = 1.25\,\Omega$
$R_{CD} = 35\,\Omega$
$R_6 = 12\,\Omega$
+
–

CD তারে R_4 ও R_5 শ্রেণিতে যুক্ত।
এদের তুল্যরোধ, $R_{CD} = R_4 + R_5$
$= (15 + 20)\,\Omega$
$= 35\,\Omega$

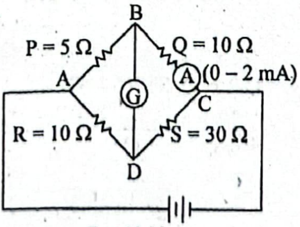
বর্তনীর A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য V_{AB} এবং C ও D বিন্দুর বিভব পার্থক্য V_{CD} হলে
$V_{AB} = V_{CD} = V_C$ (ধরি)

$\therefore$ AB তারে তাপ উৎপাদনের হার, $P_1 = \frac{{V_{AB}}^2}{R_{AB}} = \frac{V^2}{1.25}$ **(Ans.)**

CD তারে তাপ উৎপাদনের হার, $P_2 = \frac{{V_{CD}}^2}{R_{CD}} = \frac{V^2}{35}$ **(Ans.)**

ঘ চিত্র ২ এ হুইটস্টোন ব্রিজটির ক্ষেত্রে $\frac{P}{Q} = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$ এবং $\frac{R}{S} = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}$

দেখা যাচ্ছে, $\frac{P}{Q} \neq \frac{R}{S}$, তাই ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় নেই; ধরি, চতুর্থ বাহুর রোধ S′ হলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হবে,

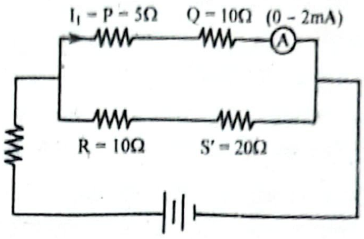

B
P = 5 Ω
Q = 10 Ω
A
G
A
(0 – 2 mA)
C
R = 10 Ω
S = 30 Ω
D
E = 12 V

এখানে,
১ম বাহুর রোধ, P = 5Ω
২য় বাহুর রোধ, Q = 10Ω
৩য় বাহুর রোধ, R = 10Ω
৪র্থ বাহুর রোধ, S = 30Ω
তড়িৎচালক শক্তি, E = 12V

এখন, $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S'}$

বা, $\frac{5}{10} = \frac{10}{S'}$ $\therefore S' = \frac{10 \times 10}{5} = 20\Omega$

দেখা যাচ্ছে, ৪র্থ বাহুতে রোধ S′ = 20Ω হলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় আসবে। ফলে গ্যালভানোমিটার দিয়ে প্রবাহ হবে না। এক্ষেত্রে বর্তনী নিম্নরূপ হবে।


I_1 – P = 5Ω
Q = 10Ω
(0 – 2mA)
A
R = 10Ω
S′ = 20Ω

E = 12V

P ও Q রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহ, $I_1 = \frac{E}{P+Q} = \frac{12}{5+10} = 0.8$ A
= 800 mA যা অ্যামিটারের পাল্লা 2 mA এর চেয়ে অনেক বেশি।

এখন, $n = \frac{I_1}{I_{max}} = \frac{800}{2} = 400$

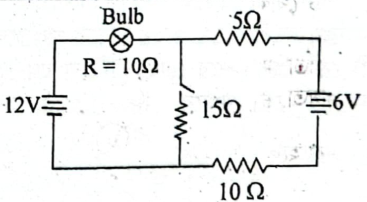
এখানে, অ্যামিটারের সর্বোচ্চ পাল্লা, $I_{max} = 2$mA
অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রোধ = R_A (ধরি)

$\therefore$ অ্যামিটারের সাথে সমান্তরালে শান্ট যুক্ত করতে হবে, $S = \frac{R_A}{n-1}$

$= \frac{R_A}{400-1} = \frac{R_A}{399}$
$\therefore S = 0.00251\, R_A$

সুতরাং বলা যায়, ব্রিজটির সাম্যবস্থায় উদ্দীপকের অ্যামিটারের সাহায্যে তড়িৎপ্রবাহ মাপতে গেলে অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রোধের 0.00251 গুণ মানের শান্ট এর সাথে সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ১


Bulb
5Ω
R = 10Ω
12V
15Ω
6V
10 Ω

ক. ভর ত্রুটি কী? ১

খ. গড় বন্ধন শক্তি বনাম ভর সংখ্যা লেখচিত্র আঁক। ২

গ. সুইচ খোলা থাকা অবস্থায় বাল্বটির মধ্য দিয়ে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে? ৩

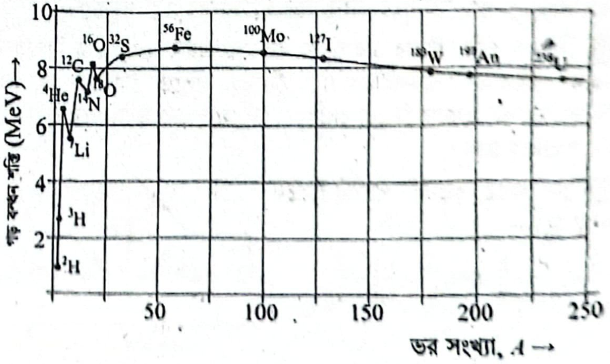
ঘ. সুইচটি বন্ধ করা হলে বাল্বটির উজ্জ্বলতার কোনো পরিবর্তন হবে কিনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

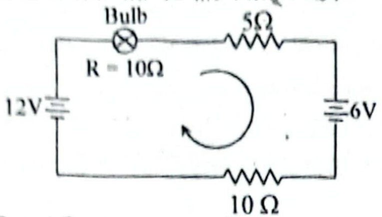
ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যই ভর ত্রুটি।

খ গড় বন্ধন শক্তি $= \frac{\text{মোট বন্ধন শক্তি}}{\text{মোট নিউক্লিয়ন সংখ্যা (ভরসংখ্যা)}}$

গড় বন্ধন শক্তি বনাম ভর সংখ্যা লেখচিত্রটি নিম্নরূপ–



গ সুইচ খোলা থাকা অবস্থায় বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে–

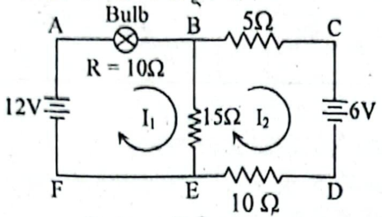


বাল্বের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ I হলে, কির্শফের ২য় সূত্রানুযায়ী আমরা পাই–

$10 \times I + 5 \times I + 6 + 10 \times I - 12 = 0$

বা, $25I = 6$ বা, $I = \frac{6}{25} = 0.24$ A **(Ans.)**

ঘ সুইচ বন্ধ থাকলে বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে—



ABEFA লুপের ক্ষেত্রে কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই—

$10 \times I_1 + 15 \times (I_1 - I_2) - 12 = 0$

বা, $25\,I_1 - 15\,I_2 = 12$ .... (i)

BCDEB লুপের ক্ষেত্রে কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$5 \times I_2 + 6 + 10 \times I_2 + 15\,(I_2 - I_1) = 0$

বা, $30\,I_2 - 15\,I_1 = -6$

বা, $15\,I_1 - 30\,I_2 = 6$ .... (ii)

সমীকরণ (i) ও (ii) সমাধান করে পাই—

$I_1 = 0.514$ A ও $I_2 = 0.0567$ A

'গ' হতে পাই, সুইচটি খোলা অবস্থায় বাল্বের মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহ, $I = 0.24$ A।

১ম ক্ষেত্রে, বাল্বের ক্ষমতা, $P = I^2R = (0.24)^2 \times 10 = 0.576$ W

২য় ক্ষেত্রে, বাল্বের ক্ষমতা, $P_1 = I_1{}^2R = (0.514)^2 \times 10 = 2.64$ W

$P_1 > P$

সুতরাং সুইচ বন্ধ করা হলে বাল্বের উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২

100 Ω রোধের একটি গ্যালভানোমিটারের সাথে 5 Ω রোধের একটি সান্ট সমান্তরালে যুক্ত করে অ্যামিটার বানানো হলো। অ্যামিটারটি 2 A তড়িৎ প্রবাহ নিরাপদে পরিমাপ করতে সক্ষম হলো।

ক. ডায়োড কী? ১

খ. ব্যতিচারের ক্ষেত্রে তীব্রতা বনাম পথ পার্থক্যের লেখচিত্র আঁক।২

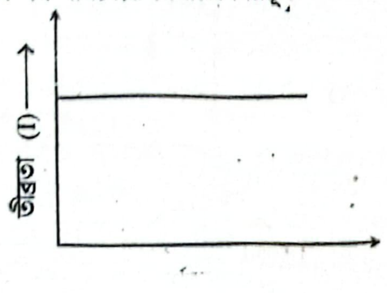
গ. অ্যামিটারটির অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কী ধরনের ব্যবস্থা গ্রহণ করলে অ্যামিটারটি দ্বারা 10A তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করা যাবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি p-টাইপ ও একটি n-টাইপ অর্ধপরিবাহীকে বিশেষ পদ্ধতিতে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত করা হলে যে ডিভাইস সৃষ্টি হয় তাই p-n জাংশন ডায়োড।

খ ব্যতিচারের ক্ষেত্রে প্রতিটি উজ্জ্বল ডোরার উজ্জ্বলতা সমান থাকে। তাই পথ পার্থক্যের পরিবর্তনে উজ্জ্বলতার কোনো পরিবর্তন হবে না। তীব্রতা বনাম পথ পার্থক্যের লেখচিত্র নিম্নরূপ–



গ অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রোধ r হলে,

$$r = \left(\frac{1}{G} + \frac{1}{S}\right)^{-1}$$

$$= \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{5}\right)^{-1}$$

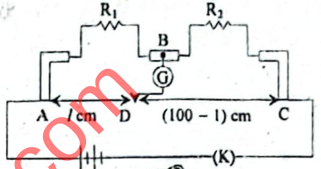
$$= \frac{100}{21} = 4.762\ \Omega\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
গ্যালভানোমিটারের রোধ,
$G = 100\ \Omega$
সান্টের রোধ, $S = 5\ \Omega$

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** অ্যামিটারটির গ্যালভানোমিটারের সাথে 25 Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করে 10 A তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৪

একটি মিটার ব্রীজের পরীক্ষামূলক কার্যপ্রণালীর বর্তনী পাশের চিত্রে দেখানো হলো। উক্ত বর্তনীতে যদি R_1 এর সাথে 10 Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করা হয় তবে নিস্পন্দ বিন্দু (D) ধনাত্মক X-অক্ষ বরাবর 10 cm সরে যায়। পরবর্তিতে $(R_1 + 10)$ Ω -এর সমান্তরালে একটি অজানা রোধ যুক্ত করায় নিস্পন্দ বিন্দু পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে।



বর্তনী

ক. কির্শফের ২য় সূত্র লিখ। ১

খ. টাংস্টেনের রোধের উষ্ণতা গুণাংক $4.5 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$ বলতে কী বুঝো– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত রোধদ্বয় যথাক্রমে R_1 ও R_2 এর অনুপাত 2:3 হলে বর্তনীতে নিস্পন্দ বিন্দু (D) ক্ষুদ্ররোধের প্রান্ত থেকে কত দূরে (l) পাওয়া যাবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত অজানা রোধের মান নির্ণয় করে তা R_1-এর সমান হবে কি না যাচাই করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কির্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ টাংস্টেনের রোধের উষ্ণতা গুণাংক $4.5 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$ বলতে বুঝায় যে, 0°C তাপমাত্রায় 1 Ω রোধ বিশিষ্ট টাংস্টেন তারের তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধিতে টাংস্টেন তারের রোধ 4.5×10^{-3} Ω বৃদ্ধি পায়।

গ মিটার ব্রীজের বাম ফাঁকের রোধ P ও ডান ফাঁকের রোধ Q হলে,

আমরা জানি, $\frac{P}{Q} = \frac{l}{100 - l}$

শর্তমতে, $\frac{P}{Q} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{2}{3}$

বা, $\frac{2}{3} = \frac{l}{100 - l}$

বা, $200 - 2l = 3l$

বা, $200 = 5l$

$\therefore l = \frac{200}{5} = 40$ cm **(Ans.)**

এখানে,
ক্ষুদ্ররোধের প্রান্ত R_1 থেকে নিস্পন্দ বিন্দু (D) এর দূরত্ব,
$l = ?$

ঘ R_1 এর সাথে 10 Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে, বাম ফাঁকের রোধ, $P = (R_1 + 10)\ \Omega$

'গ' থেকে পাই, ক্ষুদ্ররোধ R_1 থেকে নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব, $l = 40$ cm.

নিস্পন্দ বিন্দু (D) ধনাত্মক X অক্ষ বরাবর ডান দিকে 10 cm সরে গেলে বাম ফাঁকের রোধ থেকে নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব, $l' = l + 10 = 40 + 10 = 50$ cm

আমরা জানি, $\frac{P}{Q} = \frac{l'}{100 - l'}$

এখানে,
বাম ফাঁকের রোধ,
$P = R_1 + 10$
ডান ফাঁকের রোধ,
$Q = R_2$
দূরত্ব, $l' = 50$ cm

বা, $\frac{R_1 + 10}{R_2} = \frac{50}{100 - 50}$

বা, $\frac{R_1 + 10}{R_2} = \frac{50}{50} = 1$

$\therefore R_1 + 10 = R_2$......... (1)

আবার, (গ) থেকে পাই, $\frac{R_1}{R_2} = \frac{2}{3}$

বা, $R_1 = \frac{2}{3} R_2$ .... (2)

(1) থেকে পাই, $\frac{2}{3} R_2 + 10 = R_2$

বা, $10 = R_2 \left(1 - \frac{2}{3}\right)$

বা, $10 = \frac{R_2}{3}$

$\therefore R_2 = 30\ \Omega$

(2) থেকে পাই, $R_1 = \frac{2}{3} R_2 = \frac{2}{3} \times 30 = 20\ \Omega$

ধরি, $(R_1 + 10)\ \Omega$ এর সাথে সমান্তরালে R রোধ যুক্ত করলে নিস্পন্দ বিন্দু পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে।

এক্ষেত্রে, বাম ফাঁকের তুল্য রোধ R_p হলে,

$\frac{R_P}{R_2} = \frac{l}{100 - l}$

এখানে,
ডান ফাঁকের রোধ, $R_2 = 30\ \Omega$
বাম ফাঁক থেকে নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব,
$l = 40$ cm

বা, $\frac{R_P}{30} = \frac{40}{100 - 40}$

বা, $\frac{R_P}{30} = \frac{40}{60}$

$\therefore R_p = \frac{40 \times 30}{60} = 20\ \Omega$

এখন, $\frac{1}{R_1 + 10} + \frac{1}{R} = \frac{1}{R_p}$

এখানে,
রোধ, $R_1 = 20\ \Omega$
$R_p = 20\ \Omega$

বা, $\frac{1}{20 + 10} + \frac{1}{R} = \frac{1}{20}$

বা, $\frac{1}{R} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{1}{60}$

$\therefore R = 60\ \Omega$

$\therefore$ অজানা রোধের মান, $R = 60\ \Omega$

দেখা যাচ্ছে, $R \neq R_1$

সুতরাং বলা যায়, অজানা রোধ R_1 এর সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৫৯ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩

100 Ω রোধের একটি গ্যালভানোমিটারের সাথে 2 Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত আছে। বর্তনীর মূল প্রবাহ 2 A। এ যন্ত্র দ্বারা 2 A এর অধিক প্রবাহ মাপা সম্ভব নয়।

ক. তড়িচ্চালক শক্তি কাকে বলে? ১
খ. বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিতে শান্ট ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে 2Ω রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িতের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে মূল প্রবাহ 100 A হলেও গ্যালভানোমিটার নষ্ট হবে না? গাণিতিক ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

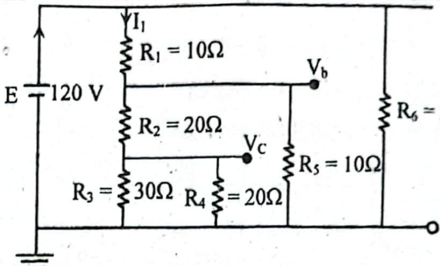
ক একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎসসহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

খ গ্যালভানোমিটার বা অ্যামিটারের মতো অত্যন্ত সুবেদী যন্ত্রগুলোর মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা সীমা অতিক্রম করলে যন্ত্রের কুন্ডলীটি পুড়ে যায় এবং যন্ত্রটি ক্ষতিগ্রস্ত হয়। এসব যন্ত্রকে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করার জন্য শান্ট ব্যবহার করা হয়। শান্ট বা স্বল্পমানের রোধ সমান্তরালে ব্যবহার করার ফলে তড়িৎপ্রবাহ একটি সহজ পথ খুঁজে পায় এবং অধিকাংশ প্রবাহ শান্টের মধ্য দিয়ে যায়। ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহজনিত তাপে বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি নষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

গ ২০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.961 A।

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: গ্যালভানোমিটারের সাথে 2.0408 Ω মানের শান্ট যুক্ত করলে, মূল প্রবাহ 100 A হলেও গ্যালভানোমিটার নষ্ট হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৬০ ঢাকা কলেজ ▌প্রশ্ন নং


I_1
$R_1 = 10\Omega$
V_b
E
120 V
$R_2 = 20\Omega$
V_C
$R_6 = 20\Omega$
$R_5 = 10\Omega$
$R_3 = 30\Omega$
$R_4 = 20\Omega$

ক. কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র বিবৃত করো। ১
খ. রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক ঋণাত্মক বলতে কী বুঝ? ২
গ. I_1 নির্ণয় করো। ৩
ঘ. $V_b > V_c$ কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কির্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ আমরা জানি, রোধের উষ্ণতা সহগ, $\alpha = \frac{R_\theta - R_0}{R_0\theta}$. এখান থেকে আমরা দেখতে পাচ্ছি যে, তাপমাত্রা θ বৃদ্ধির ফলে যদি রোধ R_θ হ্রাস পায়, তবে রোধের উষ্ণতা সহগের মান ঋণাত্মক হবে। অর্থাৎ, কোনো পদার্থের রোদের উষ্ণতা সহগ ঋণাত্মক বলতে বোঝায়, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে ঐ পদার্থের রোধ হ্রাস পায়।

গ বর্তনীতে R_3 ও R_4 সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ,

$$R_{p_1} = \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)^{-1}$$
$$= \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{20}\right)^{-1} = 12\ \Omega$$

R_2 ও R_{p_1} শ্রেণিতে যুক্ত,
এদের তুল্যরোধ,

$$R_{s_1} = R_{p_1} + R_2$$
$$= 20\ \Omega + 12\ \Omega = 32\ \Omega$$

এখন, R_{s_1} ও R_5 সমান্তরালে যুক্ত।
এদের তুল্যরোধ R_{p_2} হলে,

বা, $\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{R_5}$

$= \frac{1}{32} + \frac{1}{20} = \frac{13}{160}$

$\therefore R_{p_2} = \frac{160}{13} = 12.308\ \Omega$

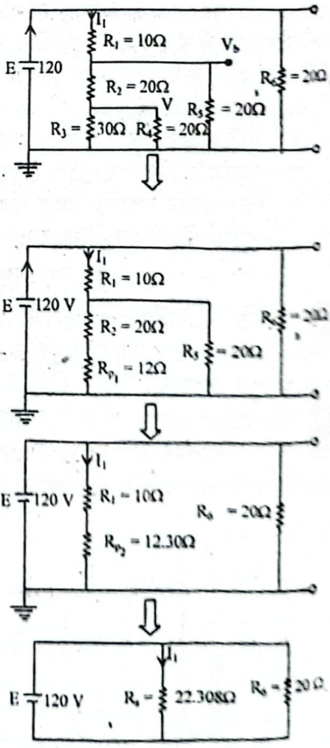
R_1 ও R_{p_2} শ্রেণিতে যুক্ত।
এদের তুল্যরোধ,

$$R_s = R_1 + R_{p_2}$$
$$= (10 + 12.308)\ \Omega$$
$$= 22.308\ \Omega$$

$\therefore R_s$ এর তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_1 = \frac{E}{R_s} = \frac{120}{22.308} = 5.38\ \text{A}$$

(Ans.)


I_1
$R_1 = 10\Omega$
V_b
E
120
$R_2 = 20\Omega$
V
$R_6 = 20\Omega$
$R_5 = 20\Omega$
$R_3 = 30\Omega$
$R_4 = 20\Omega$
I_1
$R_1 = 10\Omega$
E
120 V
$R_2 = 20\Omega$
$R_6 = 20\Omega$
$R_5 = 20\Omega$
$R_{p_1} = 12\Omega$
I_1
E
120 V
$R_1 = 10\Omega$
$R_6 = 20\Omega$
$R_{p_2} = 12.30\Omega$
I_1
E
120 V
$R_s = 22.308\Omega$
$R_6 = 20\Omega$

'গ' থেকে পাই, R_3 ও R_4 এর তুল্যরোধ, $R_{p_1} = 12\ \Omega$

ও R_2 এর তুল্যরোধ, $R_{s_1} = 32\ \Omega$

ও R_5 এর তুল্যরোধ, $R_{p_2} = 12.308\ \Omega$

ও R_{p_2} এর তড়িৎ প্রবাহ,

$= 5.38\ A$

ন্দুর বিভব, $V_a = E = 120\ V$

b বিন্দু বা R_1 এর বিভব পার্থক্য,

$$= I_1R_1 = 5.38 \times 10$$
$$= 53.8\ V$$

b বিন্দুর বিভব,

$$= V_a - V_{ab}$$
$$= 120 - 53.8$$
$$= 66.2\ V$$

ও R_{p_1} এর তড়িৎ প্রবাহ,

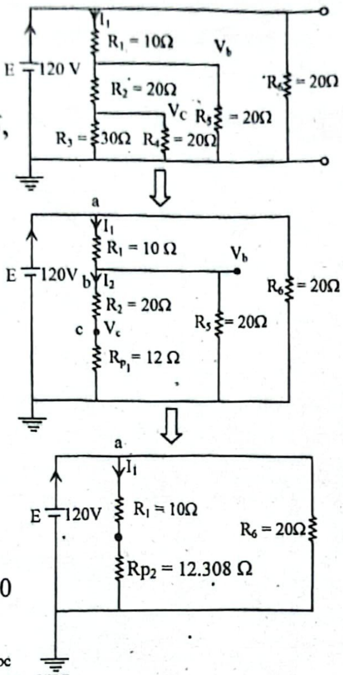
$$= \frac{V_b}{R_2 + R_{p_1}} = \frac{66.2}{20 + 12}$$
$$= \frac{66.2}{32}$$
$$= 2.06875\ A$$

ও c বিন্দুর বা R_2 এর বিভব

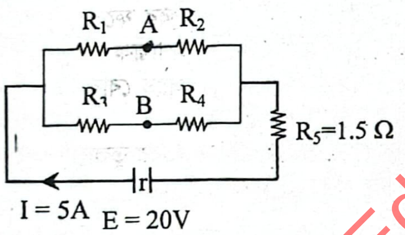
ক্য, $V_{bc} = I_2R_2 = 2.06875 \times 20$
$$= 41.375\ V$$

c বিন্দুর বিভব, $V_c = V_b - V_{bc}$
$$= 66.2 - 41.375$$
$$= 24.825\ V$$

খা যাচ্ছে যে, $V_b > V_c$ ।


E
120 V
I_1
$R_1 = 10\Omega$
V_b
$R_2 = 20\Omega$
V_C
$R_5 = 20\Omega$
$R_6 = 20\Omega$
$R_3 = 30\Omega$
$R_4 = 20\Omega$
a
E
120V
b
I_1
$R_1 = 10\ \Omega$
V_b
I_2
$R_2 = 20\Omega$
c
V_c
$R_{p_1} = 12\ \Omega$
$R_5 = 20\Omega$
$R_6 = 20\Omega$
a
E
120V
I_1
$R_1 = 10\Omega$
$Rp_2 = 12.308\ \Omega$
$R_6 = 20\Omega$

প্রশ্ন ▸ ৬১ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা I প্রশ্ন নং ৪


R_1
A
R_2
R_3
B
R_4
R_5=1.5 Ω
r
I = 5A
E = 20V

$R_1 = 2\Omega$
$R_2 = 3\Omega$
$R_3 = 4\Omega$
$R_4 = 1\Omega$

ক. তাড়ন বেগ কাকে বলে? ১

খ. কোন বর্তনীর বিভব পার্থক্য ও তড়িৎচ্চালক বল একই নয় কেন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চিত্রের বর্তনীতে অভ্যন্তরীণ রোধ কত? ৩

ঘ. R_5 না থাকলে এবং A ও B বিন্দুতে একটি গ্যালভানোমিটার যুক্ত করলে এবং R_4 এ কি ব্যবস্থা নিলে বর্তনীটিতে ভারসাম্য হবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড় বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে তাকে ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ বলে।

খ নিম্ন বিভব প্রান্ত থেকে উচ্চ বিভব প্রান্তে একক ধনাত্মক চার্জ জমা করতে উৎসের ব্যয়িত শক্তি হচ্ছে এর তড়িচ্চালক বল আর পরিবাহীর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ চলাকালে এর যেকোনো বিন্দু থেকে অন্য কোনো বিন্দুতে একক ধনাত্মক চার্জ নিতে ব্যয়িত শক্তি হচ্ছে ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য। তড়িচ্চালক বল হচ্ছে কোনো বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের মূল চালিকা শক্তি আর বিভব পার্থক্য হচ্ছে যেকোনো দুই বিন্দুর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের কারণ। আবার, তড়িচ্চালক বল হয় তড়িৎ উৎসের আর বিভব পার্থক্য হয় তড়িৎবাহী পরিবাহী যেকোনো দুই বিন্দুর মধ্যে। সরল বর্তনীতে সংযুক্ত উৎসের তড়িচ্চালক বল বর্তনীর যেকোনো অংশের বিভব পার্থক্য অপেক্ষা বড়। এ সকল কারণে বলা যায় যে, কোন বর্তনীর বিভব পার্থক্য ও তড়িচ্চালক বল একই নয়।

গ R_1 ও R_2 শ্রেণিতে যুক্ত তাই এদের তুল্যরোধ,

$R_{s_1} = R_1 + R_2 = 2 + 3 = 5\ \Omega$

এবং R_3 ও R_4 শ্রেণিতে যুক্ত, তাই এদের তুল্যরোধ,

$R_{s_2} = R_3 + R_4 = 4 + 1 = 5\ \Omega$

আবার, R_{s_1} ও R_{s_2} সমান্তরালে যুক্ত আছে।

সুতরাং $R_p = \left(\frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{R_{s_2}}\right)^{-1}$

এখানে,
রোধ, $R_1 = 2\Omega$
$R_2 = 3\Omega$
$R_3 = 4\Omega$
$R_4 = 1\Omega$
$R_5 = 1.5\ \Omega$
তড়িৎ প্রবাহ, $I = 5A$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 20\ V$

$$= \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)^{-1} = 2.5\ \Omega$$

সুতরাং বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_p + R_5 = 2.5 + 1.5 = 4\ \Omega$

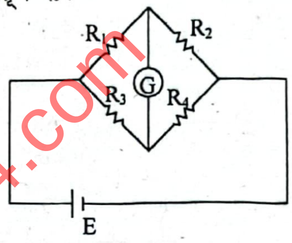
ধরি, অভ্যন্তরীণ রোধ, r

সুতরাং, $I = \frac{E}{R_{eq} + r}$ বা, $R_{eq} + r = \frac{E}{I}$

বা, $r = \frac{E}{I} - R_{eq} = \frac{20}{5} - 4 = 4 - 4 = 0\ \Omega$

সুতরাং অভ্যন্তরীণ রোধ 0 **(Ans.)**

ঘ R_5 না থাকলে এবং A ও B বিন্দুতে একটি গ্যালভানোমিটার যুক্ত করলে বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে—


R_1
R_2
G
R_3
R_4
E

ধরি, R_4 এর পরিবর্তে R'_4 রোধে থাকলে A ও B এর মধ্যে একটি গ্যালভানোমিটার যুক্ত করলে বর্তনীটি ভারসাম্য হবে।

এখানে,
রোধ, $R_1 = 2\ \Omega$
$R_2 = 3\ \Omega$
$R_3 = 4\ \Omega$
$R_4 = 1\ \Omega$

সুতরাং, হুইটস্টোন ব্রীজ নীতি অনুসারে–

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R'_4}$ বা, $\frac{2}{3} = \frac{4}{R'_4}$ বা, $R'_4 = \frac{4 \times 3}{2} = 6\ \Omega$

বা, $R'_4 > R_4$; সুতরাং R_4 সাথে R মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে।

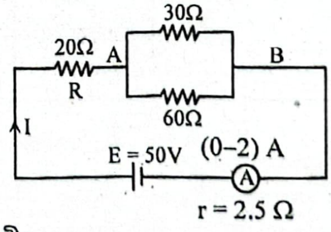
$\therefore R'_4 = R_4 + R$

বা, $R = R'_4 - R_4 = 6 - 1 = 5\ \Omega$

সুতরাং, R_5 না থাকলে এবং A ও B বিন্দুতে একটি গ্যালভানোমিটার যুক্ত করলে, R_4 এর সাথে 5 Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করলে বর্তনীটিতে ভারসাম্য হবে।

প্রশ্ন ▸ ৬২ ঢাকা সিটি কলেজ I প্রশ্ন নং ৫

নিচের বর্তনীটি লক্ষ করো।


30Ω
20Ω
A
B
R
60Ω
I
E = 50V
(0–2) A
A
r = 2.5 Ω

ক. ডোপিং কী? ১

খ. কোন বস্তু আলোর সমান বেগে গতিশীল হতে পারবে কিনা? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীর R রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের রোধ তিনটিকে পরস্পরের সাথে সমান্তরালে সংযুক্ত করলে অ্যামিটারটি দিয়ে এই প্রবাহ নির্ণয় করা সম্ভব কিনা? যদি না হয় তবে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে অর্ধপরিবাহীর সাথে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ ভরের আপেক্ষিকতার সূত্রানুযায়ী,

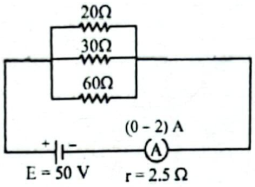
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\text{; } v = c \text{ হলে,}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

বা, $m = \frac{m_0}{m_0} = \infty$ (অসীম)। কোনো কিছু আলোর বেগে চললে তার গতিশীল ভর অসীম হয়ে যায়, যা সম্ভব নয়। তাই কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে গতিশীল হতে পারবে না।

গ ২৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের ১ম অংশের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.18 A।

ঘ উদ্দীপকের রোধ তিনটিকে সমান্তরালে সংযুক্ত করলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ–



এখানে,
রোধ, $R_1 = 20\ \Omega$
$R_2 = 30\ \Omega$
$R_3 = 60\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 50$ V
অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 2.5\ \Omega$

বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60}\right)^{-1}$
$= 10\ \Omega$

∴ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{50}{10} = 5$ A

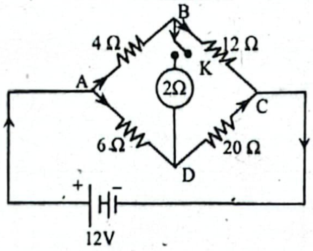
অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধি করতে হবে, $n = \frac{5}{2} = 2.5$

ধরি, অ্যামিটারের সাথে S রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে। তাহলে,

$S = \frac{r}{n-1} = \frac{2.5}{2.5-1} = 1.67\ \Omega$

সুতরাং, উদ্দীপকের রোধ তিনটিকে পরস্পরের সাথে সমান্তরালে সংযুক্ত করলে অ্যামিটারটি দিয়ে 5 A প্রবাহ নির্ণয় করতে এর সাথে 1.67 Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৩



ক. প্রবাহ ঘনত্ব কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহকের রোধ বৃদ্ধি পায় এবং এ অর্ধপরিবাহকের রোধ হ্রাস পায়, কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চাবি বন্ধ অবস্থায় চতুর্থ বাহুতে কি পরিমাণ রোধ কিভাবে যুক্ত করলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না? ৩

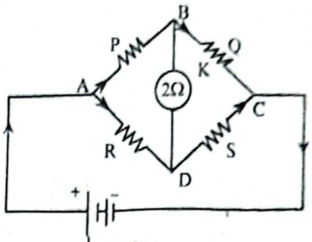
ঘ. বর্তনীর চাবি খোলা এবং বন্ধ অবস্থায় BC বাহুর প্রবাহ একই হবে কিনা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের প্রতি একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহকে প্রবাহ ঘনত্ব বলে।

খ তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহকের অণু-পরমাণুর কম্পনের বিস্তার বে যায়। ফলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর সাথে এদের সংঘর্ষের হারও বে যায়। তাই পরিবাহকের রোধ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধির স সাথে বিশুদ্ধ অর্ধ পরিবাহকের সমযোজী বন্ধন ভাঙাতে শুরু করে ও যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে যায়। এ কারণে অর্ধপরিবাহকের রো কমে যায়।

গ চাবি বন্ধ অবস্থায় বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে—



আমরা জানি,
সাম্যাবস্থায়, হুইটস্টোন ব্রীজ নীতি অনুসারে,
$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S'}$
বা, $S' = \frac{Q}{P} \times R$
বা, $S' = \frac{12}{4} \times 6$ ∴ $S' = 18\ \Omega < S$

এখানে,
রোধ, $P = 4\ \Omega$
$Q = 12\ \Omega$
$R = 6\ \Omega$
$S = 20\ \Omega$
সাম্যাবস্থার জন্য CD অংশে প্রয়োজনীয় রোধ, $S' = ?$

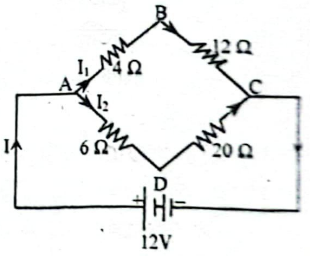
অর্থাৎ, ব্রিজটি সাম্যাবস্থা লাভ করতে হলে S রোধের চেয়ে কম মানের রোধ লাগবে। অর্থাৎ, S রোধের সাথে X মানের একটি রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে, যাতে S ও X এর তুল্য রোধ S′ এর সমান হয়।
এখন, S রোধের সাথে x মানের রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় উপনীত হবে।

$\therefore \frac{1}{S'} = \frac{1}{S} + \frac{1}{x}$ বা, $\frac{1}{x} = \frac{1}{S'} - \frac{1}{S} = \frac{1}{18} - \frac{1}{20} = \frac{1}{180}$

$\therefore x = 180\ \Omega$

অতএব, চাবি বন্ধ অবস্থায় চতুর্থ বাহুতে অর্থ্যাৎ DC বাহুর রোধের সাথে 180 Ω মানের রোধ সমান্তারালে যুক্ত করলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। **(Ans.)**

ঘ বর্তনীর চাবি (K) খোলা থাকলে B ও D এর মাঝের 2Ω রোধের মধ্যে দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ যাবে না। তাই বর্তনীটি পাশের চিত্রের ন্যায় হবে। বর্তনীর ABC অংশের প্রবাহ,

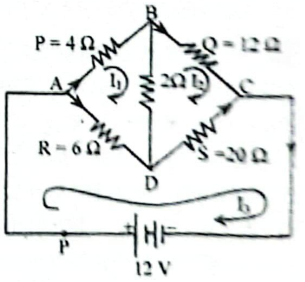


$I_1 = \frac{E}{4+12} = \frac{12}{16} = 0.75$ A

এখানে, তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12$ V

∴ BC অংশের প্রবাহ $I_1 = 0.75$ A

চাবি K বন্ধ থাকলে, B ও D এর মাঝের 2Ω রোধ দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে। কারণ, $\frac{P}{Q} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$ এবং $\frac{R}{S} = \frac{6}{20} = \frac{3}{10}$, ∴ $\frac{P}{Q} \neq \frac{R}{S}$, তাই হুইটস্টোন ব্রিজটি সাম্যবস্থায় নেই। ধরি,



বর্তনীর ABDA, BCDB ও ADCPA লুপের প্রবাহ যথাক্রমে, I_1, I_2 ও I_3; ABDA লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$4I_1 + 2(I_1 - I_2) + 6(I_1 - I_3) = 0$

বা, $12I_1 - 2I_2 - 6I_3 = 0$ .....(1)

BCDB লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$12I_2 + 20(I_2 - I_3) + 2(I_2 - I_1) = 0$

বা, $-2I_1 + 34I_2 - 20I_3 = 0$ .....(2)

ADCPA লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$6(I_3 - I_1) + 20(I_3 - I_2) - 12 = 0$

বা, $-6I_1 - 20I_2 + 26I_3 = 12$ .....(3)

(1), (2) ও (3) নং সমীকরণ সমাধান করে পাই,

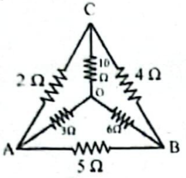
$I_1 = 0.732$ A, $I_2 = 0.756$ A, $I_3 = 1.212$ A

∴ BC বাহুর প্রবাহ, $I_2 = 0.756$ A

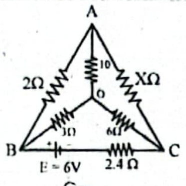
দেখা যাচ্ছে, $I_1 \neq I_2$

সুতরাং বলা যায়, বর্তনীর চাবি খোলা ও বন্ধ অবস্থায় BC বাহুর প্রবাহ একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৫



চিত্র-১



চিত্র-২

ক. কার্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি লেখ। ১

খ. রোধের উপর তাপমাত্রার প্রভাব, রোধ বনাম তাপমাত্রা লেখচিত্র এঁকে ব্যাখ্যা কর। ২

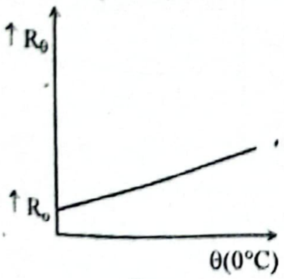
গ. চিত্র-১ এর A ও B বিন্দুর মধ্যে তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. AO পথে তড়িৎ প্রবাহিত না হলে চিত্র-২ হতে মোট তড়িৎ নির্ণয় কর। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

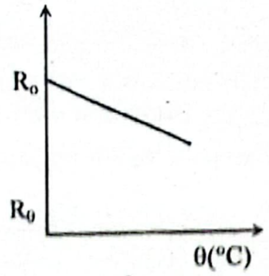
ক কার্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ 0°C তাপমাত্রায় রোধ R_o এবং রোধের উষ্ণতা সহগ α হলে, θ°C তাপমাত্রায় রোধ, $R_\theta = R_o(1 + \alpha\theta)$ বা, $R_\theta = R_o + R_o \alpha \theta$। রোধের উপর তাপমাত্রায় দুইটি ভিন্ন রকম প্রভাব দেখা যায়। পরিবাহীর ক্ষেত্রে রোধের উষ্ণতা সহগ α ধনাত্মক। তাই পরিবাহীর ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বাড়লে রোধ বাড়ে এবং এটি $y = mx + c$ আকারের সরলরেখা হয় (চিত্র-১)। আবার, অর্ধপরিবাহীর রোধের উষ্ণতা সহগ α ঋণাত্মক; তাই অর্ধপরিবাহীর তাপমাত্রা বাড়লে রোধ কমে যা ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয় বা হ্রাস পায় (চিত্র-২)।



(চিত্র-১)

পরিবাহীর ক্ষেত্রে



(চিত্র-২)

অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে

গ চিত্র-১ এ P = 2Ω, Q = 4Ω

R = 3Ω, S = 6Ω, G = 10Ω

দেখা যাচ্ছে, $\frac{P}{Q} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$

এবং, $\frac{R}{S} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$

$\therefore \frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$। অর্থাৎ, এটি হুইটস্টোন ব্রিজের সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। তাই G = 10Ω রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। তাই এটি তুল্যরোধের হিসাবে আসবে না।

শ্রেণিতে যুক্ত P ও Q এর তুল্যরোধ, $R_{s_1} = P + Q = (2 + 4) = 6\Omega$

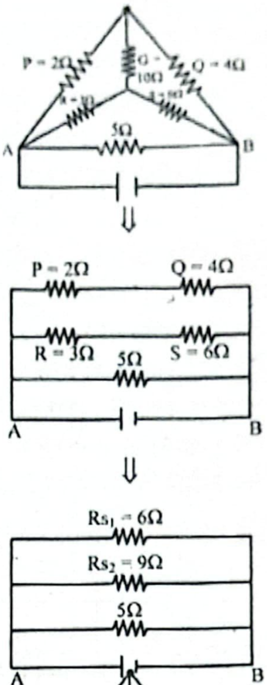
আবার, শ্রেণিতে যুক্ত R ও S এর তুল্যরোধ, $R_{s_2} = R + S = (3 + 6)\Omega = 9\Omega$

R_{s_1}, R_{s_2} ও 5Ω সমান্তরালে যুক্ত।

তাই A ও B বিন্দুর তুল্যরোধ R_{eq} হলে,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{R_{s_2}} + \frac{1}{5} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{5} = \frac{43}{90}$$

$$\therefore R_{eq} = \frac{90}{43}\Omega \text{ (Ans.)}$$



ঘ চিত্র-২ এ AO পথে 10Ω রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত না হলে, এটি হুইটস্টোন ব্রিজের সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে।

এখানে, P = 2Ω, Q = XΩ, R = 3Ω, S = 6Ω, G = 10Ω

আমরা জানি, হুইটস্টোন ব্রিজের সাম্যবস্থায়,

$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ বা, $\frac{2}{X} = \frac{3}{6}$ ∴ X = 4Ω

ফলে, বর্তনীটি হবে—

শ্রেণিতে যুক্ত 2Ω ও 4Ω এর তুল্যরোধ,

$R_{s_1} = 2\Omega + 4\Omega = 6\Omega$

শ্রেণিতে যুক্ত 3Ω ও 6Ω এর তুল্যরোধ,

$R_{s_2} = 3\Omega + 6\Omega = 9\Omega$

R_{s_1} ও R_{s_2} সমান্তরালে যুক্ত তাই এদের তুল্যরোধ

R_p হলে, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{R_{s_2}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} = \frac{5}{18}$

$\therefore R_p = \frac{18}{5} = 3.6\ \Omega$

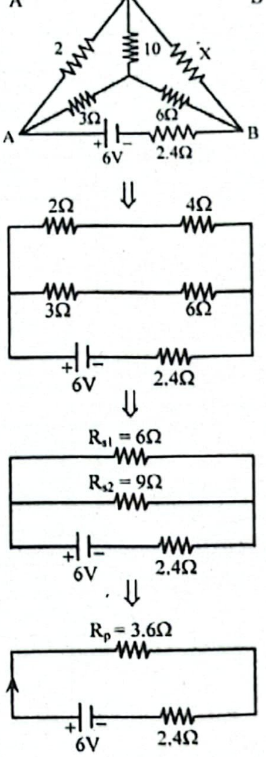
R_p ও 2.4Ω শ্রেণিতে যুক্ত।

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_p + 2.4 = (3.6 + 2.4)\ \Omega = 6\Omega$

∴ বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ,

$I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{6}{6} = 1A$

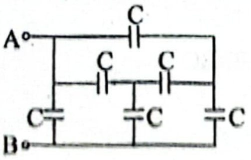


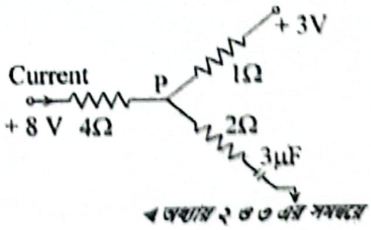
এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 6V

অর্থাৎ, AO পথে তড়িৎ প্রবাহিত না হলে চিত্র-২ এর মোট তড়িৎপ্রবাহ হবে 1A।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ১

1.5 μF ধারকত্বের ছয়টি ধারক চিত্র-১ অনুযায়ী AB = 5V বিভব পার্থক্যে সংযুক্ত।





◀ অধ্যায় ২ ও ৩ এর সমন্বয়ে

ক. পয়েটিং ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. আলোক তরঙ্গের সমবর্তন হয় কিন্তু শব্দ তরঙ্গের সমবর্তন হয় না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্র-১ অনুসারে বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

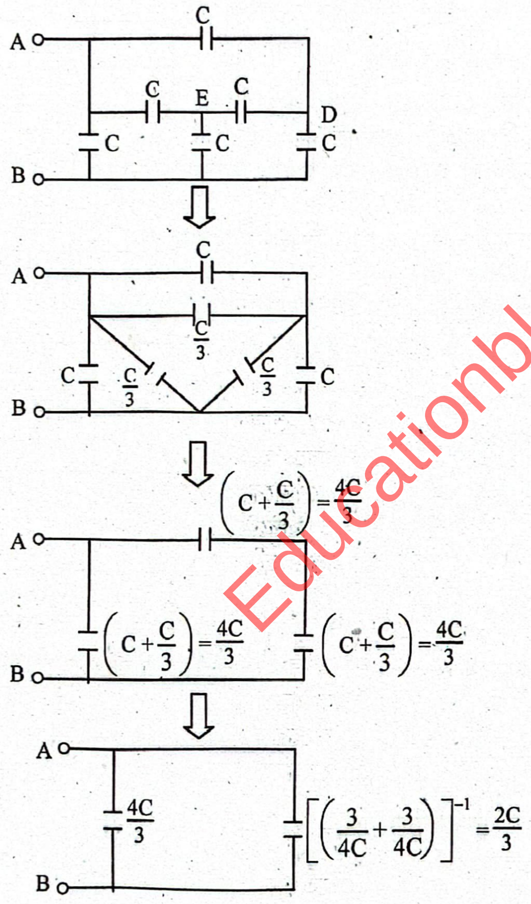
ঘ. চিত্র-১ এর তুল্য মানের ধারক ও চিত্র-২ এর ধারক কি একই শক্তি সঞ্চয় করবে— গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে লম্বভাবে স্থাপিত তলের একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে অতিক্রান্ত শক্তিকে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে।

খ আলোক তরঙ্গ অনুপ্রস্থ তরঙ্গ কিন্তু শব্দ তরঙ্গ অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। অনুপ্রস্থ তরঙ্গের কম্পনের দিক তলের সাথে লম্ব হওয়ায় এর সমবর্তন ঘটে। এজন্য আলোক তরঙ্গ সমবর্তিত হয়। কিন্তু শব্দ তরঙ্গের কম্পনের দিক তলের দিকের সাথে সমান্তরাল, তাই শব্দ তরঙ্গের সমবর্তন হয় না।

গ সমান ধারকত্বের Y–Δ রূপান্তর করার সময় ধারকত্ব, $\frac{1}{3}$ গুণ হবে।


A
B
C
D
E
$\frac{C}{3}$
$\left(C+\frac{C}{3}\right)=\frac{4C}{3}$
$\frac{4C}{3}$
$\left[\left(\frac{3}{4C}+\frac{3}{4C}\right)\right]^{-1}=\frac{2C}{3}$

তুল্য ধারকত্ব, $C_p=\frac{4C}{3}+\frac{2C}{3}=\frac{6C}{3}$

$=2C=2\times1.5$

$=3\mu F$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই তূল্য ধারকত্ব, C_p

$=3\mu F=3\times10^{-6}\ F$

চিত্র-১ এর ধারকে সঞ্চিত

শক্তি, $U_1=\frac{1}{2}C_pV^2$

$=\frac{1}{2}\times3\times10^{-6}\times5^2$

$=3.75\times10^{-5}\ J$

এখানে,

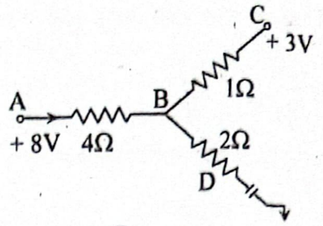
AB তে বিভব, $V=5\ V$

চিত্র-২ এ

$C_2=3\mu F$

$=3\times10^{-6}\ F$

ধারকের ভিতর দিয়ে ডিসি তড়িৎ প্রবাহিত হয় না।



সুতরাং বিদ্যুৎ ABC পথে প্রবাহিত হবে।

$\therefore \frac{V_A-V_C}{4+1}=i$ বা, $i=\frac{8-3}{5}=1\ A$

B বিন্দুর বিভব $V_B=8-4\times I=8-(4\times1)=8-4=4\ V$

যেহেতু BD পথে $I'=0$

সুতরাং, $V_B-V_D=I'\times2=0\times2$

বা, $V_B=V_D=4\ V$

সুতরাং C_2 ধারকে সঞ্চিত শক্তি,

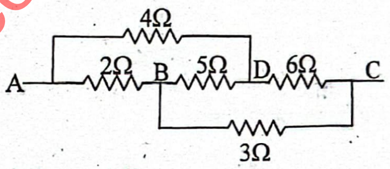
$U_2=\frac{1}{2}C_2{V_B}^2=\frac{1}{2}\times3\times10^{-6}\times4^2=2.4\times10^{-5}\ J$

এখানে, $U_1\neq U_2$

সুতরাং, চিত্র-১ এর তুল্য মানের ধারক ও চিত্র-২ এর ধারক একই শক্তি সঞ্চয় করবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৩

নিচের বর্তনী চিত্রটি উদ্দীপক—



ক. উষ্ণতামিতিক ধর্ম কী? ১

খ. সমআয়তন প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে প্রদত্ত তাপ সম্পূর্ণটাই অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির কাজে ব্যবহৃত হয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে বর্তনীর তুল্য রোধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের 6 Ω রোধের মধ্যে সবচেয়ে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপমাত্রার পরিবর্তনে পদার্থের যে বিশেষ ধর্ম সুষমভাবে পরিবর্তিত হয় এবং যে ধর্মের পরিবর্তন লক্ষ করে তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায়, তাই উষ্ণতামিতিক ধর্ম।

খ সিস্টেম এ প্রদত্ত তাপ ΔQ এবং সিস্টেম দ্বারা কৃতকাজ ΔW এবং অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি ΔU হলে,

$\Delta Q=\Delta U+\Delta W=\Delta U+PdV$

সমআয়তন প্রক্রিয়ায় আয়তনের কোনোরূপ পরিবর্তন হয় না, তাই $\Delta V=0$ হয় বলে, $\Delta Q=\Delta U$ হয়। অর্থাৎ, সিস্টেমের মধ্যে প্রদত্ত তাপ সম্পূর্ণটাই অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির কাজে ব্যবহৃত হয়।

গ এখানে, $\frac{P}{Q}=\frac{4}{2}=2$

এবং $\frac{R}{S}=\frac{6}{3}=2$

সুতরাং বর্তনীটি হুইটস্টোন ব্রীজের সাম্যাবস্থায় থাকবে। অর্থাৎ $G=5\Omega$ বা, BD পথে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

এখানে,

রোধ, $P=4\ \Omega$,

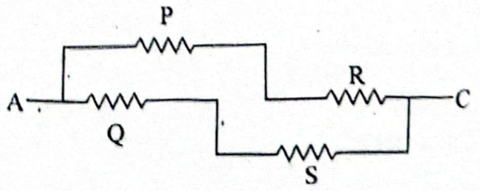
$Q=2\ \Omega$,

$R=6\ \Omega$,

$S=3\ \Omega$,

$G=5\ \Omega$

এমতাবস্থায় বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ—



P ও R শ্রেণিতে যুক্ত তাই এদের তুল্যরোধ, $R_{s_1} = P + R = 4 + 6 = 10\,\Omega$

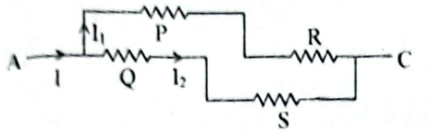
এবং Q ও S শ্রেণিতে যুক্ত তাই এদের তুল্যরোধ, $R_{s_2} = Q + S = 2 + 3 = 5\,\Omega$

আবার, R_{s_1} ও R_{s_2} সমান্তরালে যুক্ত তাই বর্তনীর তুল্যরোধ,

$$R_P = \left(\frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{R_{s_2}}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{5}\right)^{-1} = \frac{10}{3} = 3.33\,\Omega \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_p = \frac{10}{3}\,\Omega$

$R_{s_1} = 10\,\Omega$ ও $R_{S_2} = 5\Omega$



এখানে,
রোধ, $P = 4\,\Omega$,
$Q = 2\,\Omega$,
$R = 6\,\Omega$,
$S = 3\,\Omega$

ধরি, AC এর দুই প্রান্তের বিভব V।

তাহলে, $I = \frac{V}{R_p} = \frac{3V}{10}$

$$I_1 = \frac{R_{s_2}}{R_{s_1} + R_{s_2}} \times I = \frac{5}{5+10} \times \frac{3V}{10} = \frac{V}{10}$$

$$I_2 = \frac{R_{s_1}}{R_{s_1} + R_{s_2}} \times I = \frac{10}{5+10} \times \frac{3V}{10} = \frac{V}{5}$$

$P = 4\Omega$ রোধে উৎপন্ন তাপ, $H_P = I_1^2 P = \left(\frac{V}{10}\right)^2 \times 4 = \frac{V^2}{25}$
$= 0.04V^2$

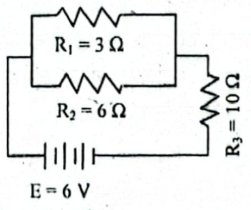
$R = 6\Omega$ রোধে উৎপন্ন তাপ, $H_R = I_1^2 \times R = \left(\frac{V}{10}\right)^2 \times 6 = \frac{3V^2}{50}$
$= 0.06\,V^2$

$Q = 2\Omega$ রোধে উৎপন্ন তাপ, $H_Q = I_2^2 \times Q = \left(\frac{V}{5}\right)^2 \times 2 = \frac{2V^2}{25}$
$= 0.08\,V^2$

$S = 3\Omega$ রোধে উৎপন্ন তাপ, $H_S = I_2^2 \times S = \left(\frac{V}{5}\right)^2 \times 3 = \frac{3V^2}{25}$
$= 0.12\,V^2$

এখানে, দেখা যায় যে,
$H_S > H_Q > H_R > H_p$
সুতরাং, $R = 6\,\Omega$ রোধের মধ্যে দিয়ে সবচেয়ে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৬৭ সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৪



ক. তাড়ন বেগের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. শান্ট কীভাবে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করে? ২
গ. বর্তনীর প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. R_3 এর সাথে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে এর ভেতর দিয়ে R_1 এর সমান প্রবাহ পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

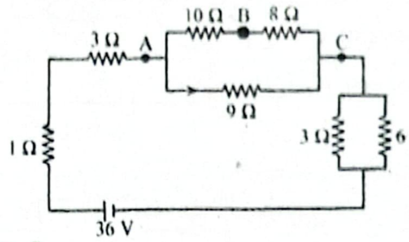
ক কোনো পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো যে গড় বেগে প্রবাহিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে তাকে ইলেকট্রনের তাড়ন বেগ বলে।

খ অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে একটি অল্প মানের রোধ শান্ট হিসেবে সংযুক্ত করা হয়। এর ফলে মূল প্রবাহ দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে যায় এবং শান্টের রোধ কম হওয়ায় এর ভেতর দিয়ে বেশি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে অল্প পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়। এভাবে শান্ট অতিরিক্ত তড়িৎপ্রবাহ থেকে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করে।

গ ২৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 0.5A।

ঘ ২৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৬৮ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▮ প্রশ্ন নং ৫



ক. শান্ট কী? ১
খ. চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য কিন্তু বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান– ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের বর্তনীর 9 Ω রোধের মধ্যে 5 সেকেন্ডে কী পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হবে নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর A, B ও C বিন্দু তিনটির বিভব সমান হবে কি না– গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটার বা সূক্ষ্ম সুবেদী তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাই শান্ট।

খ অসীম দূরত্ব থেকে একটি একক ধনাত্মক আধান গোলকের পৃষ্ঠে আনতে যে কাজ করতে হয়, গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে নিতে ঐ একই পরিমাণ কাজ করতে হয়। কারণ গোলকের অভ্যন্তরে কোনো আধান থাকে না। সুতরাং গোলকের অভ্যন্তরে সকল বিন্দুতে বিভব এর পৃষ্ঠের বিভবের সমান। অপরদিকে গোলকের অভ্যন্তরে কোনো আধান না থাকায় গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয়।

আমরা জানি, প্রাবল্য, $E = -\frac{dv}{dr}$। এখানে গোলকের অভ্যন্তরে বিভব সমান হওয়ায় $dv = 0$, ফলে প্রাবল্য, $E = 0$ হয়ে যায়। তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য কিন্তু বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান।

গ বর্তনীতে 3Ω ও 6Ω সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_{p_1} হলে,

$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2} \therefore R_{p_1} = 2\Omega$$

আবার, 10Ω ও 8Ω শ্রেণিতে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ, $R_s = (10 + 8)\Omega = 18\Omega$

R_s ও 9Ω সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

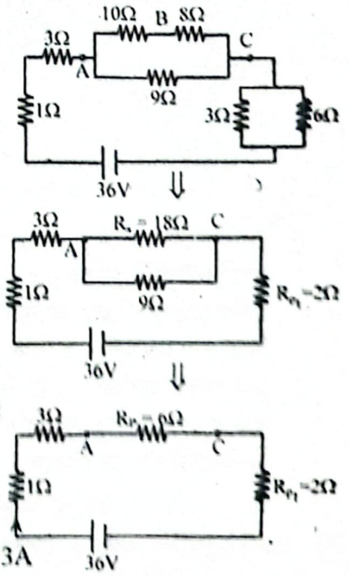
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{9} = \frac{1}{18} + \frac{1}{9} = \frac{1}{6}$$

$\therefore R_p = 6\Omega$

এখন, 1Ω; 3Ω; 6Ω ও 2Ω শ্রেণিতে যুক্ত।

∴ বর্তনীটির তুল্যরোধ,
$R_{eq} = 1 + 3 + 6 + 2 = 12\Omega$

∴ বর্তনীর প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{36}{12} = 3A$



A ও C বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $V_{AC} = I \times R_p = 3 \times 6 = 18V$

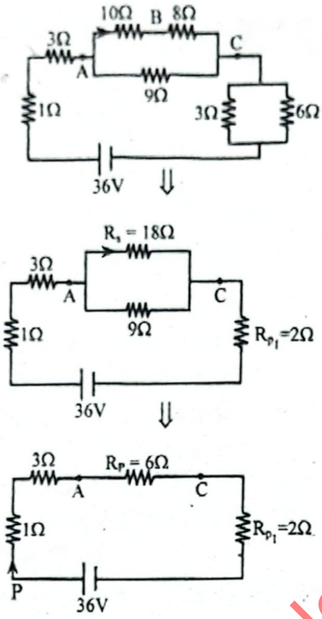
∴ 9Ω এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V = V_{AC} = 18V$

∴ 9Ω রোধের মধ্যে 5s-এ উৎপন্ন তাপ,

$$H = \frac{V^2}{R}t = \frac{(18)^2}{9} \times 5 = 180\ J\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
বিভব পার্থক্য, $V = 18\ V$
রোধ, $R = 9\ \Omega$
সময়, $t = 5\ s$

ঘ 'গ' থেকে পাই,



10Ω ও 8Ω এর তুল্যরোধ, $R_s = 18Ω$

6Ω ও 3Ω এর তুল্যরোধ, $R_{p_1} = 2Ω$

R_s ও 9Ω এর তুল্যরোধ, $R_p = 6Ω$

বর্তনীর প্রবাহ, $I = 3A$, A ও C বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $V_{AC} = 18V$

P বিন্দুর বিভব, $V_p = 36V$ হলে P ও A বিন্দুর বিভব পার্থক্য,

$V_{PA} = I(1+3) = 3 \times 4 = 12\ V$

∴ A বিন্দুর বিভব,

$$V_A = V_P - V_{PA} = (36 - 12)\ V = 24V$$

10Ω ও 8Ω এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ,

$$I_1 = \frac{V_{AC}}{R_s} = \frac{18}{18} = 1A$$

∴ A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = I_1 \times 10 = 1 \times 10 = 10V$

∴ B বিন্দুর বিভব, $V_B = V_A - V_{AB} = 24 - 10 = 14V$

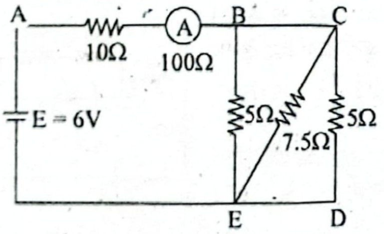
আবার, C বিন্দুর বিভব, $V_C = V_A - V_{AC} = 24 - 18 = 6V$

দেখা যাচ্ছে, $V_A \neq V_B \neq V_C$ বরং $V_A > V_B > V_C$

তাই বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনীর A, B ও C বিন্দু তিনটির বিভব সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ I প্রশ্ন নং ৩

উদ্দীপকে একটি তড়িৎ বর্তনী দেখানো হলো। উদ্দীপকের অ্যামিটার 10 mA এর বেশি তড়িৎ প্রবাহ মাপতে পারে না।



ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক $4.5 \times 10^{-3}°C^{-1}$ বলতে কী বোঝ? ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীতে অ্যামিটার না থাকলে AB অংশের মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় করো। ৩

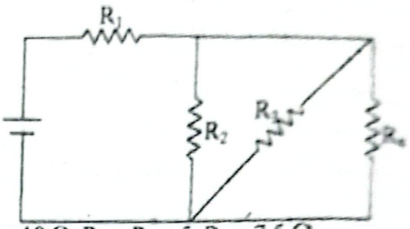
ঘ. উদ্দীপকের অ্যামিটার দ্বারা বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ মাপা সম্ভব কি না? সম্ভব না হলে কী ব্যবস্থা নিলে সম্ভব হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটার সূক্ষ্ম ও সুবেদী তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে সান্ট বলে।

খ কোনো বস্তুর রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক $4.5 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$ বলতে বোঝায় যে, 0°C তাপমাত্রায় 1Ω রোধবিশিষ্ট ঐ বস্তুর তাপমাত্রা বাড়ালে এর রোধ $4.5 \times 10^{-3}Ω$ বৃদ্ধি পায়।

গ অ্যামিটার না থাকলে বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে–



দেওয়া আছে, $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = R_4 = 5$, $R_3 = 7.5\ \Omega$

R_2, R_3 ও R_4 সমান্তরালে যুক্ত তাই এদের তুল্যরোধ,

$$R_p = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{7.5} + \frac{1}{5}\right)^{-1}$$

বা, $R_p = 1.875\ \Omega$

R_p ও R_1 শ্রেণিতে যুক্ত তাই বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_S = R_p + R_1 = 1.875 + 10 = 11.875\ \Omega$

∴ AB অংশের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, I

$$= \frac{E}{R_S} = \frac{6}{11.875} = 0.505\ A\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{eq} = 11.875\ \Omega$

এবং বর্তনীর প্রবাহ, $I_2 = 0.505\ A$

$I_2 > I_1$ তাই অ্যামিটার দ্বারা বর্তনীর প্রবাহ মাপা সম্ভব না।

এখানে,
অ্যামিটারের রোধ, $r = 100\ \Omega$
বর্তনীর তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 6\ V$
অ্যামিটার সর্বোচ্চ তড়িৎ প্রবাহ মাপতে পারে, $I_1 = 10\ mA = 0.01\ A$

তাই অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধি করতে হবে।

পাল্লা, $n = \frac{I_2}{I_1} = \frac{0.505}{0.01} = 50.5$

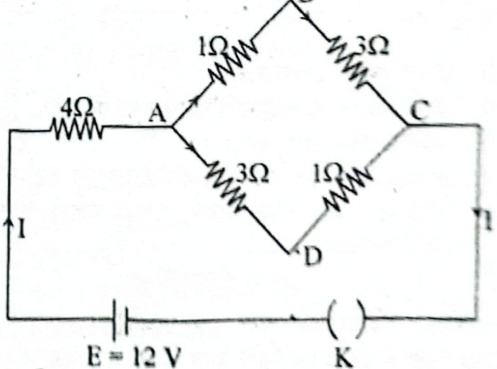
অ্যামিটারের সাথে S মানের রোধে সমান্তরালে যুক্ত করতে হলে,

$$S = \frac{r}{n-1} = \frac{100}{50.5 - 1} = 2.02\ \Omega$$

সুতরাং অ্যামিটারের সাথে 2.02 Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ মাপা সম্ভব হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭০ সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর I প্রশ্ন নং ১

বিজ্ঞান বিভাগের শিক্ষার্থী যারীন নিচের বর্তনীটি তৈরি করে মন্তব্য করলো যে, শক্তির কোনো অপচয় না হলে বর্তনীটি 18°C তাপমাত্রায় 250 গ্রাম বিশুদ্ধ পানিতে নিমজ্জিত করে সুইচ অন করে এক ঘণ্টা বিদ্যুত প্রবাহিত করলে পানি ফুটতে থাকবে।



ক. শান্ট কী? ১

খ. একটি পরিবাহী তারকে টেনে এর দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করলে তারের আপেক্ষিক রোধের কী পরিবর্তন হবে তা ব্যাখ্যা করো। ২

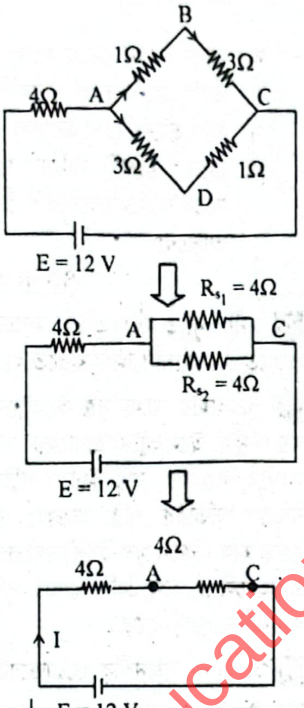
গ. বর্তনীর A ও C বিন্দুতে বিভব পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যারীনের মন্তব্যটি গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

্যালভানোমিটার বা সূক্ষ্ম সুবেদী তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে যাতে ্তিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে ্ধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাই শান্ট।

আমরা জানি, তারের রোধ, $R = \frac{\rho L}{A}$। এখন, পরিবাহী তারকে টেনে ্র দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করলে তারের রোধ বেড়ে যায়, কিন্তু আপেক্ষিক রোধ ্ই থাকে। কারণ তাপমাত্রা স্থির থাকলে আপেক্ষিক রোধ তারের ্দানের উপর নির্ভর করে, দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্রফলের উপর নয়। উপাদান ্ হলেই আপেক্ষিক রোধ পরিবর্তিত হয়। তাই পরিবাহী তারকে টেনে ্র দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করলেও উপাদান একই থাকায় তারের আপেক্ষিক ্ধের কোনো পরিবর্তন হবে না।



A, B ও C বিন্দুর মাঝের 1Ω ও ্ রোধ শ্রেণিতে যুক্ত। এদের ্যরোধ, $Rs_1 = 1\Omega + 3\Omega = 4\Omega$

D ও C বিন্দুর মাঝের 3Ω ও 1Ω ্ধ শ্রেণীতে যুক্ত।

্দের তুল্যরোধ, $R_{s_2} = 3\Omega + 1\Omega = 4\Omega$।

্খন, R_{s_1} ও R_{s_2} সমান্তরালে যুক্ত।

্দের তুল্যরোধ,

$$R_p = \left(\frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{R_{s_2}}\right)^{-1}$$
$$= \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right)^{-1}$$
$$\therefore R_p = 2\Omega$$

$\therefore R_p$ ও 4Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত।

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_p + 4 = (2 + 4)\Omega = 6\Omega$

্খন, বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ,

$$I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{12}{6} = 2\text{ A}$$

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 12 V

∴ A ও C বিন্দুর বিভব পার্থক্য,

$V_{AC} = IR_p = 2 \times 2 = 4$ V **(Ans.)**

'গ' থেকে পাই, বর্তনীর তুল্যরোধ,

$R_{eq} = 6\,\Omega$

্ড়িৎ প্রবাহ, I = 2 A

্ইচ অন করে 1 ঘণ্টা তড়িৎ ্বাহিত হলে ব্যয়িত বিদ্যুৎ ্ক্তি,

$$W = I^2R_{eq}t$$
$$= (2)^2 \times 6 \times 3600$$
$$= 86400\text{ J}$$

এখানে,
পানির ভর, m = 250 g = 0.25 kg
সময়, t = 1 hr = 3600 s
পানির আপেক্ষিক তাপ, s = 4200 $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
পানির আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 18°\text{C}$

্ক্তির কোনো অপচয় না হলে উক্ত বিদ্যুৎ শক্তি তাপশক্তিতে পরিণত ্বে। এতে পানির তাপমাত্রার পরিবর্তন $\Delta\theta$ হলে,

$H = W$

্, $ms\Delta\theta = 86400$

্, $\Delta\theta = \frac{86400}{ms} = \frac{86400}{0.25 \times 4200}$

$\therefore \Delta\theta = 82.286°\text{C}$

্নির শেষ তাপমাত্রা θ_2 হলে,

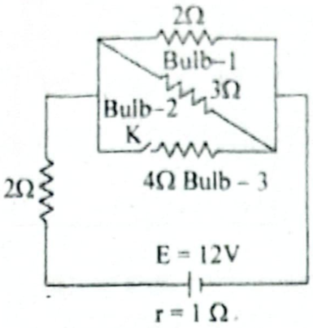
$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

্, $\theta_2 = \Delta\theta + \theta_1 = 82.286° + 18° = 100.286° > 100°\text{C}$

্দেখা যাচ্ছে, পানির শেষ তাপমাত্রা এর স্ফুটনাঙ্ক থেকে বেশি, তাই ্লা যায়, পানি ফুটতে থাকবে। এজন্য যারীনের মন্তব্যটি সঠিক।

প্রশ্ন ▸ ৭১ রাজশাহী কলেজ | প্রশ্ন নং ৪

নিচের চিত্রটি লক্ষ করে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. 220 V – 100W বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্ট, 220V – 50W বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের চেয়ে মোটা না চিকন হবে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চাবি খোলা অবস্থায় নষ্ট ভোল্ট কত? ৩

ঘ. চাবি K অন অবস্থায় বর্তনীর কোন বাল্বটি বেশি তাপশক্তি উৎপন্ন করবে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটার বা সূক্ষ্ম সুবেদী তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে সান্ট বলে।

খ 220V – 100W বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের রোধ, $R_1 = \frac{V^2}{P_1}$

$= \frac{(220)^2}{100} = 484\,\Omega$ এবং 220 V – 50W বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের রোধ, $R_2 = \frac{V^2}{P_2} = \frac{(220)^2}{50}$

বা, $R_2 = 968\,\Omega$। এখানে, $R_2 > R_1$

রোধের ক্ষেত্রফলের সূত্রানুযায়ী নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্য ও নির্দিষ্ট উপাদানের কোনো পরিবাহীর রোধ এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যাস্তানুপাতিক।

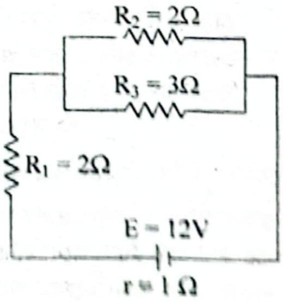
যেহেতু $R_2 > R_1$ তাই $A_2 < A_1$ হবে। অর্থাৎ 220 V – 100 W বাতির ফিলামেন্ট 220 V – 50 W বাতির ফিলামেন্টের চেয়ে মোটা হবে।

গ চাবি খোলা থাকলে R_4 রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

R_2 ও R_3 সমান্তরাল। তাই এদের তুল্যরোধ,

$$R_p = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1}$$
$$= \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right)^{-1} = 1.2\,\Omega$$

এখানে, চাবি খোলা থাকায় বর্তনী–



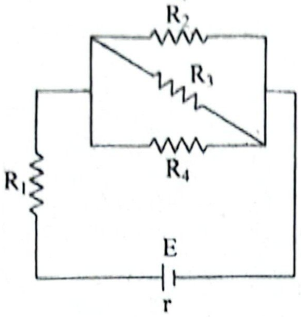
R_1 ও R_p শ্রেণিতে যুক্ত তাই এদের তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_1 + R_p = 2 + 1.2 = 3.2\,\Omega$

বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq} + r} = \frac{12}{3.2 + 1} = 2.857\,\Omega$

নষ্ট ভোল্ট, $V' = Ir = 2.857 \times 1 = 2.857$ V **(Ans.)**

ঘ চাবি k অন অবস্থায় বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে—



R_2, R_3 ও R_4 সমান্তরালে থাকায় এদের তুল্যরোধ,

$$R_p = \left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}\right)^{-1} = 0.923\ \Omega$$

এখানে,
বহিঃস্থ রোধ, $R_1 = 2\Omega$
Bulb-1 এর রোধ, $R_2 = 2\ \Omega$
Bulb-2 এর রোধ, $R_3 = 3\ \Omega$
Bulb-3 এর রোধ, $R_4 = 4\ \Omega$
অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 1\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12$ V

R_1 ও R_p শ্রেণিতে যুক্ত তাই এদের তুল্যরোধ, $R_{eq} = R_1 + R_p = 2 + 0.923 = 2.923\ \Omega$

বর্তনীর প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}+r} = \frac{12}{2.923+1} = 3.059$ A

বাল্বগুলোর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হলে,
$V = IR_p = 3.059 \times 0.923 = 2.823$ V

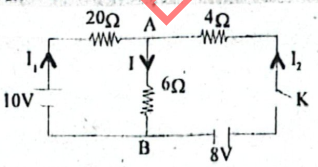
Bulb-1 এর ক্ষমতা, $P_1 = \frac{V^2}{R_1} = \frac{(2.823)^2}{2} = 3.98$ W

Bulb-2 এর ক্ষমতা, $P_2 = \frac{V^2}{R_2} = \frac{(2.823)^2}{3} = 2.66$ W

Bulb-3 এর ক্ষমতা, $P_3 = \frac{V^2}{R_3} = \frac{(2.823)^2}{4} = 2$ W

এখানে, $P_1 > P_2 > P_3$
সুতরাং Bulb-1 বেশি তাপ উৎপন্ন করবে।

প্রশ্ন ▶ ৭২ বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৪



ক. পরিবাহীতা কী? ১
খ. গ্যালভানোমিটার রক্ষায় শান্টের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চাবি খোলা অবস্থায় উদ্দীপকের চিত্রে AB এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের চাবি K বন্ধ ও খোলা অবস্থায় AB এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পদার্থের তড়িৎ পরিবহনের সক্ষমতাই এর পরিবাহীতা।

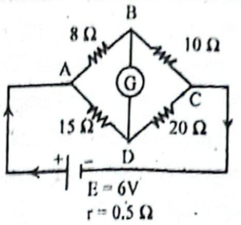
খ অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে একটি অল্প মানের রোধ শান্ট হিসেবে সংযুক্ত করা হয়। এর ফলে মূল প্রবাহ দু'ভাগে বিভক্ত হয়ে যায়। শান্টের রোধ কম হওয়ায় এর ভেতর দিয়ে বেশি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে অল্প পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়। এভাবে শান্ট অতিরিক্ত তড়িৎপ্রবাহ থেকে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করে।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.25 A।

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: চাবি খোলা অবস্থায় AB এর দুইপ্রান্তের বিভব পার্থক্য 7.5 V এবং চাবি বন্ধ অবস্থায় 7.64 V। বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন 0.14 V

প্রশ্ন ▶ ৭৩ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর ▮ প্রশ্ন



ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে? ১
খ. তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীর রোধ বাড়ে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. গ্যালভানোমিটার উপেক্ষা করে বর্তনীর মূল প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. চিত্রের ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আছে কিনা? না থাকলে S এর সাথে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আসবে? ৪

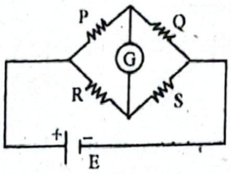
৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অসীম দূরত্ব হতে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ধনাত্মক চার্জ আনতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।

খ পরিবাহীর মধ্যে মুক্ত ইলেক্ট্রনের প্রবাহের ফলে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হয়। মুক্ত ইলেকট্রন প্রবাহের সময় পরিবাহীর অণু-পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়, যার কারণে পরিবাহীতে রোধের উদ্ভব হয়। তাপমাত্রা বাড়লে অতিরিক্ত শক্তি পাওয়ায় পরিবাহীর অণু পরমাণুগুলোর কম্পন বেড়ে যায়। ফলে মুক্ত ইলেক্ট্রনগুলোর সাথে এদের সংঘর্ষ বৃদ্ধি পায় এবং প্রবাহ চলার পথে বেশি বাধার সৃষ্টি হয়। একারণে তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীর রোধ বাড়ে।

গ ২(গ) নং সৃজনশীর প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.484 A।

ঘ ব্রীজটির চিত্র নিম্নরূপ—



এখানে,
রোধ, $P = 8\ \Omega$, $Q = 10\ \Omega$
$R = 15\ \Omega$, $S = 20\ \Omega$
অভ্যন্তরীণ রোধ,
$r = 0.5\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি,
$E = 6$ V

এখানে, $\frac{P}{Q} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$

আবার, $\frac{R}{S} = \frac{15}{20} = \frac{3}{4}$

দেখা যাচ্ছে যে, $\frac{P}{Q} \neq \frac{R}{S}$

অর্থাৎ, ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় নেই। ধরি, S এর পরিবর্তে S′ রোধ ব্যবহার করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আসবে। তাহলে আমরা পাই,

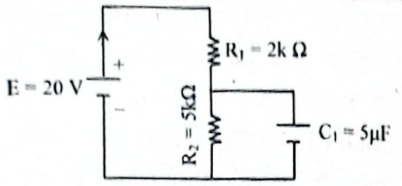
$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S'} \text{ বা, } S' = \frac{Q}{P} \times R = \frac{10}{8} \times 15 = 18.75 < S$$

অর্থাৎ, S রোধের সাথে একটি রোধ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করতে হবে। ধরি, S রোধের সাথে এক্ষেত্রে X রোধ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করতে হবে। তাহলে,

$$\frac{1}{S'} = \frac{1}{S} + \frac{1}{X} \text{ বা, } \frac{1}{X} = \frac{1}{S'} - \frac{1}{S} = \frac{1}{18.75} - \frac{1}{20} = \frac{1}{300} \text{ বা, } X = 300\ \Omega$$

অর্থাৎ, S এর সাথে 300 Ω মানের রোধ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আসবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৪ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর ▌ প্রশ্ন নং ৮



ক. কার্শফের ২য় সূত্রটি বিবৃতি কর। ১

খ. চার্জের কোয়ান্টায়ন কী? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রদত্ত বর্তনীতে ধারক সম্পূর্ণ চার্জিত হওয়ার পর R_1 রোধের মধ্যে প্রবাহ কত? ৩

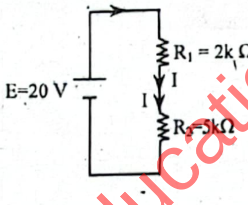
ঘ. প্রদত্ত বর্তনীতে ধারক চার্জিত হওয়ার পূর্বে ও সম্পূর্ণ চার্জিত হওয়ার পর R_2 রোধের দুই প্রান্তের বিভব একই হবে কি-না গাণিতিকভাবে নির্ণয় কর। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ চার্জের একটি নির্দিষ্ট ও ন্যূনতম মান আছে যা অপেক্ষা কম মানের চার্জ পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেকোনো অহিত বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ ঐ ন্যূনতম চার্জের অখণ্ড গুণিতক; একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে। চার্জ এক স্থান থেকে আর এক স্থানে গমনের ক্ষেত্রেও ঐ ন্যূনতম মানের অখণ্ড গুণিতক হিসেবেই গমন করে, যাকে *e* দ্বারা প্রকাশ করা হলে বলা যায় যে, কোনো বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ $+10e$ বা $-7e$ হতে পারে কিন্তু $+5.32\,e$ হতে পারে না।

গ প্রদত্ত বর্তনীতে ধারক সম্পূর্ণ চার্জিত হওয়ার পর ধারকটি (Open) খোলা বর্তনী হয়ে যাবে। ফলে ধারকের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। ফলে বর্তনীটি হবে, পাশের চিত্রের ন্যায়।



এখন বর্তনীতে R_1 ও R_2 রোধ শ্রেণিতে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ,

$$R_S = R_1 + R_2 = (2 + 5)\ k\Omega = 7\ k\Omega = 7 \times 10^3\ \Omega$$

∴ R_1 রোধের মধ্যে প্রবাহ

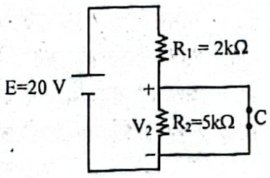
= বর্তনীর প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_s} = \frac{20}{7 \times 10^3}$

$= 2.857 \times 10^{-3}$ A

= 2.857 mA (Ans.)

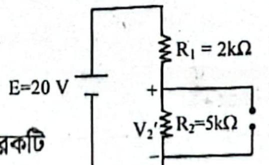
এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি,
E = 20 V
রোধ, $R_1 = 2\ k\Omega$,
$R_2 = 5\ k\Omega$

ঘ প্রদত্ত বর্তনীতে ধারক চার্জিত হবার পূর্বে অর্থাৎ $t = 0$ সময়ে ধারকটি short (শর্ট সার্কিট) হিসেবে কাজ করবে। ফলে বর্তনীটি পাশের চিত্রের ন্যায় হবে,



এর জন্য R_2 রোধের মধ্য দিয়ে কোন তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। তাই R_2 রোধের দুইপ্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$$V_2 = IR_2 = 0 \times R_2 = 0V$$



ধারক সম্পূর্ণ চার্জিত হবার পর ধারকটি খোলা (Open) বর্তনী হিসেবে কাজ করে। এক্ষেত্রে বর্তনীটি পাশের চিত্রের ন্যায় হবে,

'গ' থেকে পাই, ধারকটি সম্পূর্ণ চার্জিত হবার পর বর্তনীর প্রবাহ, $I = 2.857\ mA = 2.857 \times 10^{-3}$ A

∴ R_2 রোধের প্রবাহ, $I = 2.857 \times 10^{-3}$ A

∴ R_2 রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V_2' = IR_2$

$= 2.857 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^3$

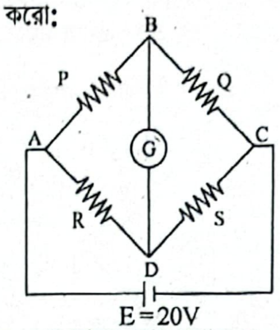
$= 14.285$ V

দেখা যাচ্ছে, $V_2 \neq V'_2$

তাই বলা যায়, বর্তনীতে ধারক চার্জিত হওয়ার পূর্বে ও সম্পূর্ণ চার্জিত হওয়ার পর R_2 রোধের দুই প্রান্তের বিভব একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৫ সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর ▌ প্রশ্ন নং ৩

নিচের চিত্র দুটি লক্ষ করো:



চিত্রে হুইটস্টোন ব্রিজের চার বাহুর রোধ যথাক্রমে

$P = 8\ \Omega$, $Q = 12\ \Omega$, $R = 18\ \Omega$ এবং $S = 22\ \Omega$

ক. কার্শফের ২য় সূত্রের বিবৃতি করো। ১

খ. কার্শফের ১ম সূত্র চার্জের সংরক্ষণ নীতি মেনে চলে- ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চতুর্থ বাহুতে কত রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রিজটি সাম্যবস্থা প্রাপ্ত হবে? ৩

ঘ. বর্তনীতে গ্যালভানোমিটারটি বিচ্ছিন্ন করলে ABC পথে ও ADC পথে তড়িৎ প্রবাহ সমান হবে কিনা যাচাই করো। ৪

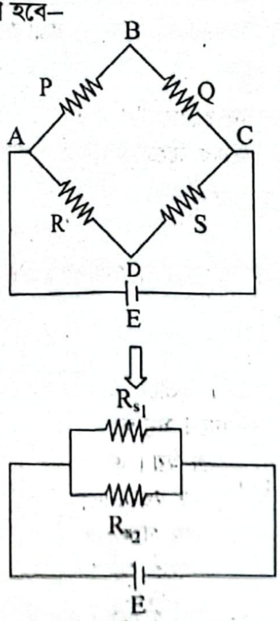
৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎপ্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ কার্শফের ১ম সূত্র: বিদ্যুৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহমাত্রাগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হয়। আমরা জানি, প্রবাহমাত্রা হলো চার্জের প্রবাহ। এখন সংযোগ বিন্দুতে প্রবাহমাত্রাগুলোর যোগফল শূন্য না হওয়ার অর্থ দাঁড়ায় ওই বিন্দুতে চার্জের সৃষ্টি বা ধ্বংস হওয়া যা চার্জের নিত্যতা সূত্রের সম্পূর্ণ পরিপন্থি। অর্থাৎ, কার্শফের ১ম সূত্র চার্জের সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে।

গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5 Ω শ্রেণিতে।

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীতে গ্যালভানোমিটারটি বিচ্ছিন্ন করলে বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে–



এখানে,
রোধ, $P = 8\ \Omega$
$Q = 12\ \Omega$
$R = 18\ \Omega$
$S = 22\ \Omega$
তড়িচ্চালক শক্তি,
E = 20 V

বর্তনীতে P ও Q শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ,

$R_{s_1} = P + Q = 8 + 12 = 20\,\Omega$

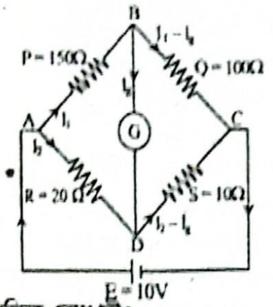
আবার, R ও S শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ, $R_{s_2} = R + S = 18 + 22 = 40\,\Omega$

$\therefore$ ABC পথে তড়িৎ প্রবাহ, $I_{ABC} = \frac{E}{R_{s_1}} = \frac{20}{20} = 1\text{ A}$

ADC পথে তড়িৎ প্রবাহ, $I_{ADC} = \frac{E}{R_{s_2}} = \frac{20}{40} = 0.5\text{ A}$

দেখা যাচ্ছে যে, $I_{ABC} > I_{ADC}$ অর্থাৎ, বর্তনীতে গ্যালভানোমিটারটি বিচ্ছিন্ন করলে ABC পথে ও ADC পথে তড়িৎ প্রবাহ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৬ ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর I প্রশ্ন নং ৬



ক. আপেক্ষিক রোধ কী? ১
খ. ভোল্ট মিটারকে সমান্তরালে যুক্ত করা হয় কেন? ২
গ. Q রোধের সাথে কত মানের রোধ কিভাবে যুক্ত করলে $I_g = 0$ হবে? ৩
ঘ. ব্রিজের সাম্যাবস্থায় ABC এবং ADC অংশের প্রবাহমাত্রার অনুপাত এবং রোধের অনুপাতের সাথে সম্পর্ক কেমন হবে। ৪

৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধই ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ।

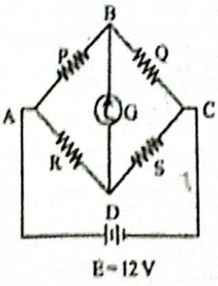
খ ভোল্টমিটারের রোধ অতি উচ্চ (তাত্ত্বিকভাবে অসীম)। তাই পরীক্ষণীয় তড়িৎ উপকরণের সাথে ভোল্টমিটারকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে তড়িৎপ্রবাহ উল্লেখযোগ্যভাবে কমে যাবে (তাত্ত্বিকভাবে শূণ্য), অর্থাৎ, বর্তনীটি একটি ওপেন সার্কিটে— পরিণত হবে। তাছাড়া ভোল্টমিটার যন্ত্রটি একটি বর্তনীর দুটি বিন্দুর বিভাব পার্থক্য পরিমাপ করে। এই যন্ত্রকে যদি শ্রেণীতে যুক্ত করা হয়, তাহলে তার অর্থ হলো, ভোল্টমিটারের দুটি প্রান্তকে একই বিন্দুতে সংযোগ দেওয়া। যার আসলে বিভব পার্থক্য থাকে না অর্থাৎ, শূণ্য। এ কারণে ভোল্টমিটারকে শ্রেণিতে যুক্ত না করে ঐ তড়িৎ উপকরণের দু'প্রান্তে সমান্তরালে যুক্ত করা হয়।

গ ৪৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ব্রিজের সাম্যাবস্থায় ABC এবং ADC অংশের প্রবাহমাত্রার অনুপাত, $\frac{I_{ABC}}{I_{ADC}} = \frac{2}{15}$ এবং রোধের অনুপাত $\frac{R_{ABC}}{R_{ADC}} = \frac{15}{2}$

প্রশ্ন ▶ ৭৭ ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষীপুর I প্রশ্ন নং ৮



উপরের চিত্রে একটি হুইটস্টোন ব্রিজ দেখানো হয়েছে। চার বাহুর রোধ যথাক্রমে P = 8 Ω, Q = 12 Ω, R = 18 Ω এবং S = 22 Ω

ক. গাউসের সূত্র কী? ১
খ. তাপমাত্রার সাথে পরিবাহীর রোধ কীভাবে পরিবর্তিত হয়? ২
গ. চতুর্থ বাহুতে কত মানের রোধ যোগ করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় আসবে? ৩
ঘ. গ্যালভানোমিটার অপসারণ করলে ABC এবং ADC বাহুর তড়িৎ প্রবাহ সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্রটি হলো তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের ϵ_o গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

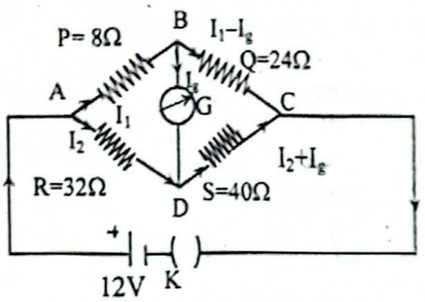
খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায়। আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। তড়িৎ প্রবাহের এ বাধাই পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়। ফলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। সংঘর্ষ বৃদ্ধির ফলে ইলেকট্রন প্রবাহ বেশি বাধাপ্রাপ্ত হয়। তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা কমালে পরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়।

গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5Ω মানের রোধ শ্রেণি সমবায়ে।

ঘ ৭৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $I_{ABC} = 0.6\text{A}$ ও $I_{ADC} = 0.3$ A, অর্থাৎ, ABC এবং ADC বরাবর তড়িৎ প্রবাহ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৮ সরকারি জিয়া মহিলা কলেজ, ফেনী I প্রশ্ন নং ৩

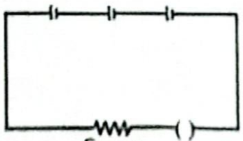


ক. মিটার ব্রীজ কী? ১
খ. শান্ট কীভাবে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করে? ২
গ. DC বাহুতে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা লাভ করবে? ৩
ঘ. গ্যালভানোমিটারের নিঃস্পন্দ অবস্থায় ABC এবং ADC অংশের প্রবাহমাত্রার অনুপাত এবং রোধের অনুপাত একই হবে কি? গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও। ৪

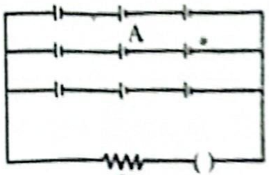
৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

২৬ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৭৯ চট্টগ্রাম কলেজ I প্রশ্ন নং ৩



চিত্র-ক



চিত্র-খ

প্রতিটি কোষের E = 6V, r = 0.5 Ω, R = 10 Ω

ক. শান্ট গুণক কী? ১

খ. নিম্ন বা উচ্চ মানের রোধ পরিমাপে হুইটস্টোন ব্রীজ ব্যবহার করা হয় না-- কেন? ২

গ. চিত্র (ক) এর প্রবাহ মাত্রা বের কর। ৩

ঘ. বর্তনীতে A চিহ্নিত কোষটি হঠাৎ পুড়ে গেলে পূর্বের ও পরের প্রবাহ মাত্রায় পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। ৪

৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ালভানোমিটারের সাথে শান্ট যুক্ত থাকলে গ্যালভানোমিটারের প্রবাহকে যে রাশি দিয়ে গুণ করলে মূল তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় শান্ট গুণক।

কোনো নিম্ন মানের রোধকে চতুর্থ বাহুর রোধ S এর সাথে রাখা হলে োগকারী তারগুলোর রোধ S এর মানের কাছাকাছি হয়। ফলে S এর মান পাওয়া যায় না। তাই পরিমাপ্য মান ত্রুটিপূর্ণ হয়। আবার চতুর্থ S এর স্থলে উচ্চ মানের রোধ রাখা হলে, ঐ রোধের মধ্য দিয়ে খুব মানের তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। ফলে ব্রিজের সুবেদিতা কমে যায়। নিরাপদ অবস্থা শনাক্ত করা কঠিন হয়। এ কারণে নিম্ন বা উচ্চ ের রোধ পরিমাপে হুইটস্টোন ব্রিজ ব্যবহার করা হয় না।

৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.565A।

চিত্র 'খ' কোষের মিশ্র সমবায় নির্দেশ করে।

ক্ষেত্রে বর্তনীর প্রবাহ,

$$\frac{mnE}{mR + nr}$$

$$\frac{3 \times 3 \times 6}{3 \times 10 + 3 \times 0.5}$$

$1.714\ A$

এখানে,

তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 6V$

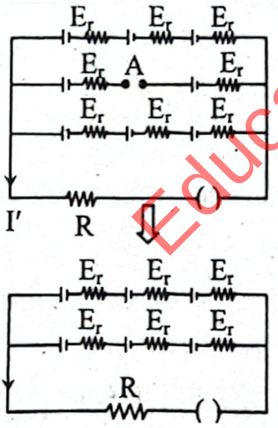
সারি সংখ্যা, $m = 3$

প্রতি সারিতে কোষ, $n = 3$

বহিঃবর্তনীর রোধ, $R = 10\,\Omega$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.5\,\Omega$

ীর A চিহ্নিত কোষটি পুড়ে ে কোষটি (Open Circuit) োলাবর্তনী) হয়ে যাবে। ফলে এই ষের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত না। তাই সমান্তরালে যুক্ত A ষের শাখার মধ্য দিয়ে তড়িৎ হিত হবে না। ফলে বর্তনীটি ের চিত্রের ন্যায় হবে।



ক্ষেত্রে, সারির সংখ্যা, $m' = 2$

বর্তনীর প্রবাহ,

$$\frac{m'nE}{m'R + nr} = \frac{2 \times 3 \times 6}{2 \times 10 + 3 \times 0.5} = 1.674\ A$$

যাচ্ছে, $I' < I$ এবং এদের পার্থক্য, $\Delta I = I - I' = 1.714 - 1.674 = 0.04\ A$

ং বলা যায়, বর্তনীর A চিহ্নিত কোষটি হঠাৎ পুরে গেলে প্রবাহমাত্রা A হ্রাস পায়।

▸৮০ চট্টগ্রাম কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

m লম্বা এবং 1.63 mm ব্যাস বিশিষ্ট অ্যালুমিনিয়াম তারের ভিতর 1.24 A বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে। অপরদিকে 0°C তাপমাত্রায় একটি ানিন তারের রোধ 100 Ω এবং 30°C তাপমাত্রায় এর রোধ .09 Ω [অ্যালুমিনিয়াম এর আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 2.80 \times 10^{-8}\,\Omega m$]

ক. তড়িচ্চালক শক্তি কাকে বলে? ১

খ. কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র শক্তির নিত্যতার একটি রূপ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. অ্যালুমিনিয়ামের তারটিতে কি হারে শক্তি ব্যয় হচ্ছে বের কর? ৩

ঘ. উদ্দীপকে প্রাপ্ত ম্যাঙ্গানিনের রোধের উষ্ণতা সহগ, রোধ বনাম তাপমাত্রা লেখচিত্রের ঢাল এর সমান কিনা যথার্থতা যাচাই পূর্বক বিশ্লেষণ কর। ৪

৮০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎসসহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

খ কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র হলো- কোনো বন্ধ বর্তনীতে সকল উপাদানের মোট বিভব পার্থক্য শূন্য। আবার, দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য হলো এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে একটি একক চার্জকে নিয়ে যেতে কৃতকাজ। অর্থাৎ, কির্শফের দ্বিতীয় সূত্রের মূল কথা হলো একটি বন্ধ বর্তনীর এক বিন্দু হতে একটি চার্জকে পুরো বর্তনী ঘুরিয়ে আবার সেই বিন্দুতে নিয়ে আসতে অর্থাৎ চার্জটির মোট সরণ শূন্য হলে কৃতকাজও শূন্য হবে। এটি মূলত শক্তির নিত্যতা সূত্রই। তাই বলা যায় যে, কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র শক্তির নিত্যতার একটি রূপ।

গ অ্যালুমিনিয়াম তারের রোধ,

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L}{\pi r^2}$$

$$= \frac{2.8 \times 10^{-8} \times 2.35}{3.1416 \times (0.815 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 0.0315\,\Omega$$

অ্যালুমিনিয়াম তারে একক সময়ে শক্তি ব্যয়

$$P = I^2R = (1.24)^2 \times 0.0315 = 0.0484\ Js^{-1}$$

এখানে,

অ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 2.8 \times 10^{-8}\,\Omega m$

দৈর্ঘ্য, $L = 2.35\ m$

ব্যাস, $d = 1.63\ mm$

ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = \frac{1.63}{2}\ mm = 0.815\ mm = 0.815 \times 10^{-3}\ m$

তড়িৎ প্রবাহ, $I = 1.24\ A$

∴ অ্যালুমিনিয়াম তারে শক্তি ব্যয়ের হার $0.0484\ Js^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, θ°C তাপমাত্রায় রোধ R_θ হলে,

$R_\theta = R_o(1 + \alpha\theta)$

ম্যাঙ্গানিনের রোধের উষ্ণতা সহগ α ও 0°C তাপমাত্রায় রোধ R_o হলে,

30°C এ রোধ,

$R_{30} = R_o(1 + \alpha \times 30)$

বা, $100.09 = 100\,(1 + 30\,\alpha)$

এখানে,

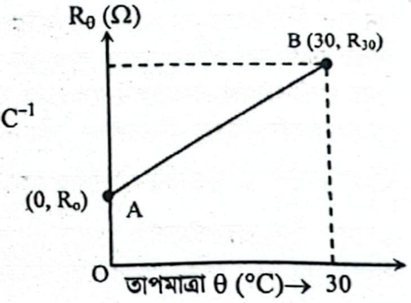
0°C এ রোধ, $R_o = 100\,\Omega$

30°C এ রোধ, $R_{30} = 100.09\,\Omega$

বা, $\frac{100.09}{100} = 1 + 30\,\alpha$

বা, $30\alpha = 9 \times 10^{-4}$

$\therefore \alpha = \frac{9 \times 10^{-4}}{30} = 3 \times 10^{-5}\,{}^\circ C^{-1}$



উদ্দীপকের ডাটা থেকে রোধ বনাম তাপমাত্রা লেখচিত্র অঙ্কন করলে এটি হবে একটি সরলরেখা যা $y = mx + c$ আকৃতির।

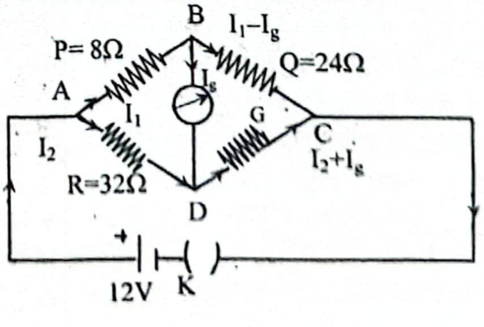
এর ঢাল, $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{R_{30} - R_o}{30 - 0}$

$$= \frac{100.09 - 100}{30} = 3 \times 10^{-3}$$

দেখা যাচ্ছে, $m \neq \alpha$

সুতরাং, উদ্দীপকে প্রাপ্ত ম্যাঙ্গানিজের রোধের উষ্ণতা সহগ, রোধ বনাম তাপমাত্রা লেখচিত্রের ঢালের সমান নয়।

প্রশ্ন ▸ ৮১ চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩



ক. মিটার ব্রীজ কী? ১

খ. শান্ট কীভাবে গ্যালভানোমিটারকে রক্ষা করে? ২

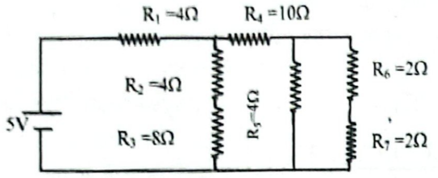
গ. DC বাহুতে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা লাভ করবে? ৩

ঘ. গ্যালভানোমিটারের নিঃস্পন্দ অবস্থায় ABC এবং ADC অংশের প্রবাহমাত্রার অনুপাত এবং রোধের অনুপাত একই হবে কী? গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও। ৪

৮১ নং প্রশ্নের উত্তর

২৬ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৮২ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৩



ক. কৃষ্ণ বস্তু কাকে বলে? ১

খ. কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণ ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান ব্যর্থ কেন? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উপর্যুক্ত উদ্দীপকে R_2 এবং R_3 এর মধ্য দিয়ে কী পরিমাণ বিভব পতন হবে? ৩

ঘ. R_5 কে উপেক্ষা করে এবং R_6 ও R_7 এর মধ্যে 10 V এর একটি ব্যাটারি যুক্ত করা হল। কার্শফ-এর সূত্র ব্যবহার করে R_1 এর মধ্য দিয়ে 1.0625 A বিদ্যুৎ পাওয়া গেল। গাণিতিকভাবে উক্তিটি যাচাই করো। ৪

৮২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বস্তু তার উপর আপতিত সকল তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরণ পুরোপুরিভাবে শোষণ করে তাকে কৃষ্ণবস্তু বলে।

খ তাপ বিকিরণের চিরায়ত তত্ত্ব অপর্যাপ্ত। কারণ, কৃষ্ণ বস্তু থেকে নিঃসৃত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বণ্টনের ব্যাখ্যা দিতে এটি ব্যর্থ। কৃষ্ণ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে কৃষ্ণ বস্তু কর্তৃক নিঃসৃত মোট শক্তি বৃদ্ধি পায়। পরীক্ষালব্ধ ফলাফল থেকে দেখা যায় যে, এই শক্তি বিকিরণের হার তরঙ্গদৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল। ভীনের বন্টণ সূত্র অনুযায়ী $E_\lambda d_\lambda = C_1\lambda^{-5}e^{-\frac{C_2}{\lambda_T}}d\lambda$ ক্ষুদ্র তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে পরীক্ষা লব্ধ মানের সাথে মিলে গেলেও দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে ভীনের সূত্র পরীক্ষালব্ধ মানের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ নয়। শক্তির সমবিভাজন নীতির উপর ভিত্তি করে বিজ্ঞানী রেলি $E_\lambda d_\lambda \frac{8\pi kT}{\lambda T} d\lambda$ এই সূত্রটি প্রদান করে। দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্যে রেলি-জিনসের সূত্র সঙ্গতিপূর্ণ কিন্তু ক্ষুদ্রতর তরঙ্গদৈর্ঘ্যে এটি পরীক্ষালব্ধ মানের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ নয়। ভীন ও রেলি-জিনসের সূত্র উভয়ই চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের নীতির উপর ভিত্তি করে তাত্ত্বিকভাবে নির্ভুলভাবে প্রতিষ্ঠিত কিন্তু পরীক্ষালব্ধ মানের সাথে সামঞ্জস্য পূর্ণ না হওয়ায় প্রতীয়মান হয় যে, চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের সাহায্যে কৃষ্ণ বস্তু বিকিরণের ব্যাখ্যা সম্ভব নয়।

গ এখানে,

R_2 ও R_3 শ্রেণিতে তাই, এদের তুল্যরোধ,

$R_{s_1} = R_2 + R_3 = 4 + 8 = 12\,\Omega$

এবং R_6 ও R_7 শ্রেণিতে তাই এদের তুল্যরোধ,

$R_{s_2} = R_6 + R_7 = 2 + 2 = 4\,\Omega$

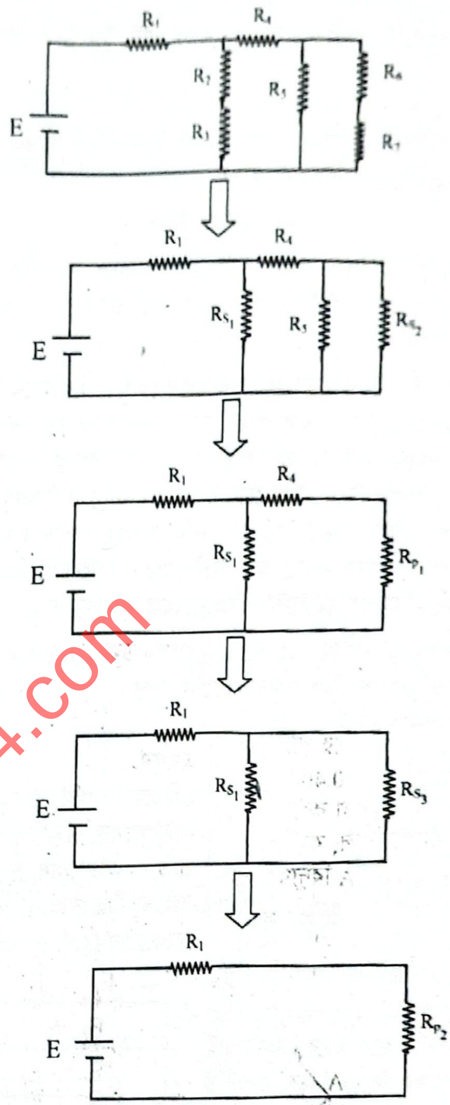
আবার R_5 ও R_{s_2} সমান্তরালে,

তাই এদের তুল্যরোধ,

$R_{p_1} = \left(\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_{s_2}}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right)^{-1} = 2\,\Omega$

R_4 ও R_{p_1} শ্রেণিতে তাই, এদের তুল্যরোধ,

এখানে,
রোধ, $R_1 = 4\Omega$,
$R_2 = 4\Omega$,
$R_3 = 8\Omega$,
$R_4 = 10\Omega$,
$R_5 = 4\Omega$,
$R_6 = 2\Omega$,
$R_7 = 2\Omega$
এবং
$E = 5V$



$R_{s_3} = R_4 + R_{p1} = 10 + 2 = 12\,\Omega$

R_{s_1} ও R_{s_3} সমান্তরালে তাই এদের তুল্যরোধ,

$R_{p_2} = \left(\frac{1}{R_{s_1}} + \frac{1}{R_{s_3}}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{12}\right)^{-2} = 6\Omega$

R_{p_2} ও R_1 শ্রেণিতে। তাই তুল্যরোধ,

$R_{eq} = R_{p_2} + R_1 = 6 + 4 = 10\,\Omega$

বর্তনীর মোট প্রবাহ, $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{5}{10} = 0.5$ A

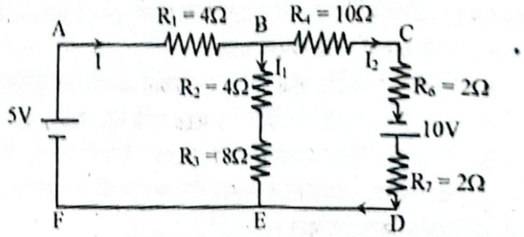
R_{s_1} ও R_{s_3} এর রোধ সমান। তাই R_{s_1} ও R_{s_3} এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ হবে,

$I' = \frac{I}{2} = \frac{0.5}{2} = 0.25$ A

সুতরাং R_2 এর মধ্য দিয়ে বিভব পতন, $V_2 = I'R_2$
$= 0.25 \times 4 = 1$ V

এবং R_3 এর মধ্য দিয়ে বিভব পতন, $V_3 = I'R_3$
$= 0.25 \times 8 = 2$ V **(Ans.)**

ঘ R_5 কে উপেক্ষা করে এবং R_6 ও R_7 এর মধ্যে 10 V এর একটি ব্যাটারী যুক্ত করা হলে চিত্রটি হবে নিম্নরূপ:



ধরি, AB, BE ও BC পথে প্রবাহ যথাক্রমে I, I_1 ও I_2।

B বিন্দুতে কার্শফের ১ম সূত্রানুযায়ী

$I = I_1 + I_2$

বা, $I_2 = I - I_1$ ....(1)

ABEF পথে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$IR_1 + I_1R_2 + I_1R_3 - 5 = 0$

বা, $4I + 4I_1 + 8I_1 = 5$

বা, $4I + 12I_1 = 5$ ....(2)

ABCDEF পথে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$IR_1 + I_2 R_4 + I_2R_6 - 10 + I_2R_7 - 5 = 0$

বা, $4I + I_2 (10 + 2 + 2) = 15$

বা, $4I + (I - I_1) \times 14 = 15$ [‘1’ হতে মান বসিয়ে]

বা, $4I + 14I - 14 I_1 = 15$

বা, $18I - 14I_1 = 15$ ....(3)

(2) ও (3) সমাধান করে পাই,

$I = 0.92$ A এবং $I_1 = 0.11$ A

এখন, 10 V এর ব্যাটারিটি উল্টো করে লাগালে ABCDEF পথে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$IR_1 + I_2R_4 + I_2R_6 + 10 + I_2R_7 - 5 = 0$

বা, $4I + 10I_2 + 2I_2 + 2I_2 = -5$

বা, $4I + 14I_2 = -5$

বা, $4I + 14(I - I_1) = -5$ ['1' হতে মান বসিয়ে]

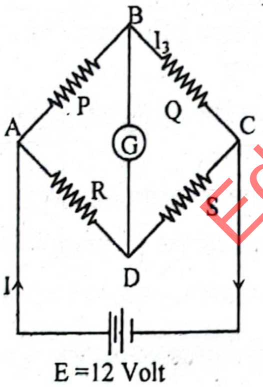
বা, $18I - 14I_1 = -5$ .... (4)

(2) ও (4) সমাধান করে পাই,

$I = 0.037$ A ও $I_1 = 0.4044$ A

অর্থাৎ, R_5 কে উপেক্ষা করে এবং R_6 ও R_7 এর মধ্যে 10 V এর একটি ব্যাটারি যুক্ত করা হলে, কার্শফ এর সূত্র ব্যবহার করে R_1 এর মধ্য দিয়ে 0.092 A বা 0.037 A বিদ্যুৎ পাওয়া যাবে। অর্থাৎ, উক্তিটি সত্য নয়।

প্রশ্ন ▶ ৮৩ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৪



হুইটস্টোন ব্রীজের চার বাহুর রোধ যথাক্রমে $P = 8\Omega$, $Q = 12\Omega$, $R = 18\Omega$ এবং $S = 22\Omega$

ক. ইলেক্ট্রন ভোল্ট কাকে বলে? ১

খ. সান্টের কাজ গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চতুর্থ বাহুতে কত রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হবে? ৩

ঘ. বর্তনী হতে গ্যালভানোমিটারটি বিচ্ছিন্ন করলে ABC পথে ও ADC পথে তড়িৎ প্রবাহ সমান হবে কিনা যাচাই করো। ৪

৮৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক ভোল্ট বিভব পার্থক্যের এক বিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে একটি ইলেকট্রন নিতে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে এক ইলেক্ট্রন ভোল্ট বলে।

খ অধিক পরিমাণ প্রবাহ গিয়ে যাতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট না করতে পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সংযোগে যে অল্প মানের রোধ যুক্ত করা হয়, একে সান্ট বলে। সান্টের ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখা যায় অ্যামিটারে।

ধরা যাক r অভ্যন্তরীণ রোধযুক্ত একটি অ্যামিটার সর্বোচ্চ i পরিমাণ কারেন্ট মাপতে পারে। এই যন্ত্রের সাহায্যে ni পরিমাণ কারেন্ট মাপার জন্য এর সাথে সমান্তরালে S রোধ লাগাতে হবে। তাহলে,

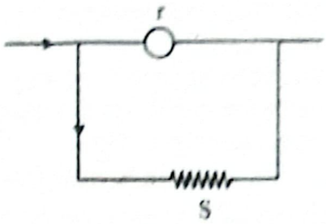
$i = \frac{S}{r + S} \times ni$

বা, $nS = r + s$

বা, $nS - S = r$

বা, $(n - 1) S = r$

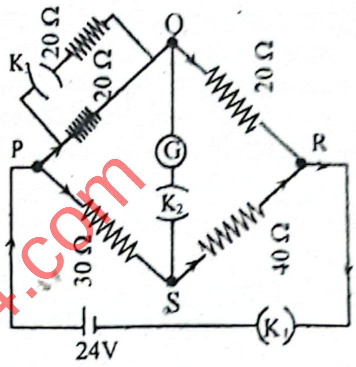
$\therefore S = \frac{r}{n - 1}$



গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5 Ω মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে।

ঘ ৭৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $I_{ABC} = 0.6A$ ও $I_{ADC} = 0.3A$, অর্থাৎ, ABC ও ADC বরাবর তড়িৎ প্রবাহ সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮৪ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৩



G = 12 Ω (সংশোধিত)

ক. রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক কী? ১

খ. অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধি করা হয় কীভাবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. শুধুমাত্র K_1 চাবি বন্ধ (ON) অবস্থায় উদ্দীপকের বর্তনীতে মোট প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর সবগুলো চাবি বন্ধ (ON) করলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে গতিশীল মূল প্রবাহের এক চতুর্থাংশ হবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 0°C তাপমাত্রায় একক রোধের কোনো পরিবাহীর তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করলে পরিবাহীর রোধের যে পরিবর্তন ঘটে তাই ঐ পরিবাহীর উপাদানের রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক।

খ অ্যামিটার হলো একটি বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র, যা বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ পরিমাপ করতে ব্যবহৃত হয়। অধিক পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহ পরিমাপের জন্য অনেক সময় অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধি করার প্রয়োজন হয়। অ্যামিটারের পাল্লা বৃদ্ধির মূল উপায় হলো শান্ট সংযোজন। অ্যামিটারের সাথে শান্ট সমান্তরালে যুক্ত করলে মোট প্রবাহ বিভক্ত হয়ে শান্ট ও অ্যামিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। শান্টের রোধ যত কম হয়, এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ তত বেশি হয়। এভাবে নিম্নরোধের শান্ট অ্যামিটারের সাথে সমান্তরালে যুক্ত করে অ্যামিটারের পাল্লা উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি করা যায়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.943 A।

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** মোট প্রবাহ, $I = 1.15$ A এবং $I_g = 0.0643$ A; $\frac{I_g}{I} = 0.056$। সুতরাং গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহ গতিশীল মূল প্রবাহের এক চতুর্থাংশ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮৫ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৫

করিম 6Ω রোধের একটি তারকে টেনে তিনগুণ লম্বা করল এবং রহিম 1000টি তড়িতবাহিত বৃষ্টির ফোঁটাকে একত্রে মিশিয়ে একটি বড় ফোঁটায় পরিণত করল যাতে মোট তড়িতের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে। ◀ অধ্যায় ২ ও ৩ এর সমন্বয়ে

ক. তড়িৎপ্রবাহ কাকে বলে? ১

খ. কোন বস্তুতে যেকোনো মানের আধান থাকতে পারে কি না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. করিমের তারের বর্তমান রোধ কত? ৩

ঘ. ফোঁটাগুলির মোট তড়িৎশক্তির কোন পরিবর্তন হবে কি না— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহীর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে একক সময়ে প্রবাহিত চার্জের পরিমাণকে তড়িৎ প্রবাহ বলে।

খ কোনো বস্তুতে যেকোনো মানের আধান থাকতে পারে না। প্রকৃতিতে কোনো বস্তুর সর্বমোট আধান একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মানের পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক হয়। ইলেকট্রনের আধান হচ্ছে এ নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান। ইলেকট্রনের আধান e হলে কোনো বস্তুর মোট আধান হবে, $q = ne$। যেখানে n হচ্ছে ধনাত্মক বা ঋণাত্মক পূর্ণসংখ্যা। সুতরাং, কোনো বস্তুতে যেকোনো মানের আধান থাকতে পারে না। কোনো বস্তুতে মোট আধানের পরিমাণ ইলেকট্রনের আধান $e = -1.6 \times 10^{-19}$ C এর পূর্ণসংখ্যর গুণিতক হবেই। কোনো বস্তুতে আধানের মান e এর ভগ্নাংশ তথা 4.5e, 0.7e কিংবা – 0.5e প্রভৃতি হতে পারে না। বস্তুর আধান ইলেকট্রনের আধানের গুণিতক হবেই, একে আধানের পূর্ণসংখ্যার কোয়ান্টায়ন বলে। তাই বলা যায়, কোনো বস্তুতে যেকোনো মানের আধান থাকতে পারে না।

গ পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য, $L' = 3L_0$

সুতরাং পরিবর্তিত প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, A' হলে,

$V = A_0L_0 = A'L'$ [∴ আয়তন ধ্রুব থাকে]

বা, $A_0L_0 = A' \times 3L_0$ বা, $A' = \frac{A_0}{3}$

এখানে,
তারটির প্রাথমিক রোধ,
$R_1 = 6\,\Omega$
আদি দৈর্ঘ্য L_0 ও
প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A_0

আবার, $R_1 = \rho\frac{L_0}{A_0}$

সুতরাং, পরিবর্তিত রোধ, $R_2 = \rho\frac{L'}{A'}$

বা, $R_2 = \rho\frac{3L_0}{\frac{A_0}{3}}$ বা, $R_2 = \rho\frac{L_0}{A_0} \times 9$ বা, $R_2 = R_1 \times 9 = 6 \times 9 = 54\,\Omega$ **(Ans.)**

ঘ ধরি, ছোট গোলক গুলোর ব্যাসার্ধ r ও আধান q

ছোট গোলকের সংখ্যা, $N = 1000$

সুতরাং প্রত্যেকটি ছোট গোলকের বিভব V হলে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r}$$

সুতরাং প্রত্যেকটি ছোট গোলকের মধ্যে সঞ্চিত শক্তি,

$$U_s = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2} \times q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r} = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \times \frac{q^2}{r}$$

সুতরাং, ছোট গোলকগুলোর মোট শক্তি, $U = 1000\,U_s$

বা, $U = 1000 \times \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \times \frac{q^2}{r}$

ধরি, বড় গোলকের ব্যাসার্ধ R ও আধান Q

চার্জের সংরক্ষণশীলতা অনুযায়ী, $Q = 1000\,q$ এবং ছোট ফোটাগুলোর মোট আয়তন = বড় ফোটার আয়তন

বা, $N \times \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi R^3$

বা, $R^3 = 1000\,r^3$ বা, $R = 10r$

বড় গোলকের বিভব, $V' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q}{R}$

এবং মোট শক্তি, $U' = \frac{1}{2}QV'$

$$= \frac{1}{2} \times 1000\,q \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1000q}{10r}$$

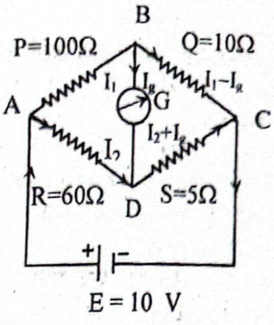
$$= 100 \times 1000 \times \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \times \frac{q^2}{r} = 100 \times U$$

বা, $U' = 100 \times U$

সুতরাং বড় ফোটার তড়িৎ শক্তি ছোট ফোটাগুলির মোট তড়িৎ শক্তির 100 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৬ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং

নিচের বর্তনী চিত্রটি লক্ষ্য করো এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলির উত্তর দাও:



ক. B.O.T. কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় কেন— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ব্রীজটিকে ভারসাম্য অবস্থায় আনার জন্য চতুর্থ বাহুর রোধ কত করতে হবে? ৩

ঘ. নিস্পন্দ অবস্থায় ABC ও ADC অংশের প্রবাহমাত্রার অনুপাত এবং রোধের অনুপাত একই হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৮৬ নং প্রশ্নের উত্তর

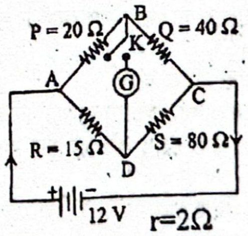
ক বিদ্যুৎ শক্তি যে একক হিসেবে বিল পরিশোধ করা হয় তাকে মূলত কিলোওয়াট ঘণ্টা বা বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট বা সংক্ষেপে B.O.T. বলে।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায়। আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। তড়িৎ প্রবাহের এ বাঁধাই পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়। ফলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। সংঘর্ষ বৃদ্ধির ফলে ইলেকট্রন প্রবাহ বেশি বাধাপ্রাপ্ত হয়। তাই তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1 Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে।

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** প্রবাহমাত্রার অনুপাত $\frac{3}{5}$ এবং রোধের অনুপাত $\frac{5}{3}$। সুতরাং নিস্পন্দ অবস্থায় ABC ও ADC অংশের প্রবাহ মাত্রার অনুপাত একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮৭ বান্দরবান ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩



চিত্রে একটি হুইটস্টোন ব্রীজ দেখানো হয়েছে।

কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ $r = 2\Omega$

ক. শান্ট কী? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গ্যালভানোমিটারের চাবি K সংযুক্ত করার পর CD অংশে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে গ্যালভানোমিটারের কাঁটার বিক্ষেপ শূন্য হবে? ৩

ঘ. চাবি K এর সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে কির্শফের সূত্রের সাহায্যে ABC ও ADC কোনটির মধ্যদিয়ে অধিক প্রবাহ অতিক্রম করবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটার বা সূক্ষ্ম ও সুবেদী বৈদ্যুতিক যন্ত্রের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাই শান্ট।

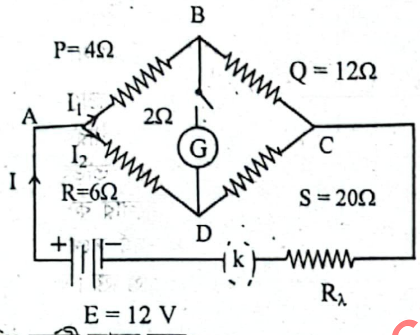
খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চালিত হয় যার ফলে পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয়।

গ ৪৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 48Ω রোধ সমান্তরালে

ঘ ৭৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** $I_{ABC} = 0.1897$ A এবং $I_{ADC} = 0.1198$ A
অর্থাৎ, চাবি K এর সংযোগ বিচ্ছিন্ন করলে ABC এর মধ্য দিয়ে ADC এর তুলনায় অধিক প্রবাহ অতিক্রম করবে।

প্রশ্ন ▸৮৮ সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট ▮ প্রশ্ন নং ৫

নিচের বর্তনীটি লক্ষ্য কর এবং উদ্দীপকের সাহায্যে উত্তর দাও।



ক. তড়িৎ বর্তনী কাকে বলে? ১
খ. কির্শফের সূত্র দু'টি বিবৃত কর। ২
গ. চতুর্থ বাহুতে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থা লাভ করবে? ৩
ঘ. গ্যালভানোমিটারের চাবি খোলা এবং বন্ধ অবস্থায় BC বাহুর প্রবাহ একই হবে কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। (সংশোধিত) ৪

৮৮ নং প্রশ্নের উত্তর

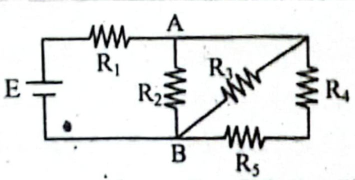
ক তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথকে তড়িৎ বর্তনী বলে।

খ **কির্শফের ১ম সূত্র:** তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য। অর্থাৎ, যেকোনো সংযোগ বিন্দুতে $\Sigma I = 0$।
কির্শফের ২য় সূত্র: কোনো বন্ধ বর্তনীর বিভিন্ন উপাদানগুলোর রোধ এবং এদের সাথে সংশ্লিষ্ট প্রবাহের গুণফলগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল ঐ বন্ধ বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত মোট তড়িচ্চালক শক্তির সমান। অর্থাৎ, যেকোনো বন্ধ বর্তনীর ক্ষেত্রে $\Sigma IR = \Sigma E$।

গ ৬৩(গ) সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৬৩(ঘ) সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸৮৯ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা ▮ প্রশ্ন নং ৪



চিত্র, E = 6V, $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = R_3 = 70\Omega$, $R_4 = 72\Omega$ এবং $R_5 = 60\Omega$।

ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১
খ. অ্যালুমিনিয়ামের রোধের উষ্ণতা সহগ $3.9 \times 10^{-3}/°C$ বলতে কি বুঝো? ২
গ. বর্তনী চিত্রের A ও B বিন্দুতে বিভব পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বর্তনীর প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে চলমান প্রবাহমাত্রা নির্ণয় সম্ভব কিনা-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ অ্যালুমিনিয়ামের রোধের উষ্ণতা সহগ $3.9 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$ বলতে বোঝায় যে, 0°C তাপমাত্রায় 1Ω রোধবিশিষ্ট ম্যাঙ্গানিজের তারের তাপমাত্রা 1°C বাড়ালে এর রোধ $3.9 \times 10^{-3}\Omega$ বৃদ্ধি পায়।

গ বর্তনীতে শ্রেণিতে যুক্ত R_4 ও R_5 এর তুল্যরোধ,

$$R_s = R_4 + R_5 = (72 + 60)\Omega = 132\ \Omega$$

এখন, R_2, R_3 ও R_s সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 6V
রোধ, $R_1 = 100\ \Omega$,
$R_2 = R_3 = 70\ \Omega$,
$R_4 = 72\ \Omega$,
$R_5 = 60\ \Omega$

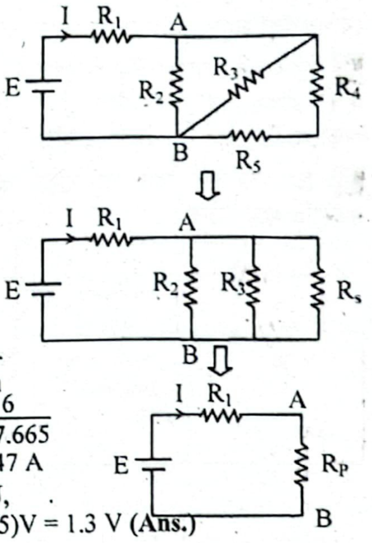
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_s} = \frac{1}{70} + \frac{1}{70} + \frac{1}{132}$$

$$\therefore R_p = \left(\frac{1}{70} + \frac{1}{70} + \frac{1}{132}\right)^{-1} = 27.665\ \Omega$$

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ,

$$R_{eq} = R_1 + R_p = (100 + 27.665)\ \Omega = 127.665\ \Omega$$

∴ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{6}{127.665} = 0.047$ A



∴ A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য,
$V_{AB} = IR_p = (0.047 \times 27.665)V = 1.3$ V (Ans.)

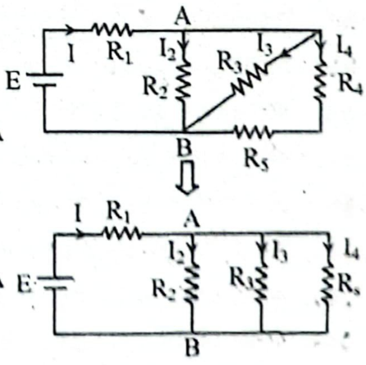
ঘ 'গ' হতে পাই,
R_4 ও R_5 এর তুল্যরোধ, $R_s = 132\ \Omega$
R_2, R_3 ও R_s এর বা A ও B বিন্দুর তুল্যরোধ, $R_p = 27.665\ \Omega$
বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, I = 0.047A;

এখানে,
তড়িচ্চালক শক্তি, E = 6V,
রোধ, $R_1 = 100\ \Omega$,
$R_2 = R_3 = 70\Omega$,
$R_4 = 72\ \Omega$, $R_5 = 60\ \Omega$

A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = 1.3$ V
বর্তনীতে, R_1 এর প্রবাহ,
$I_1 = I = 0.047$A

R_2 এর প্রবাহ, $I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} = \frac{1.3}{70} = 0.01857$ A

R_3 এর প্রবাহ, $I_3 = \frac{V_{AB}}{R_3} = \frac{1.3}{70} = 0.01857$ A

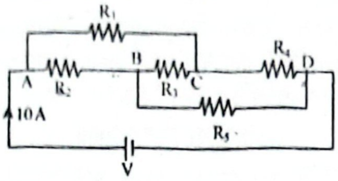


R_4 ও R_5 এর প্রবাহ, $I_4 = \frac{V_{AB}}{R_s} = \frac{1.3}{132} = 0.00985$ A

সুতরাং বলা যায়, বর্তনীর প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে চলমান প্রবাহমাত্রা নির্ণয় সম্ভব।

প্র ▶ ৯০ বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩

নিচের চিত্রে একটি বর্তনী দেখানো হয়েছে।



উপরের চিত্রে $R_1 = 10\,\Omega$, $R_2 = R_4 = R_5 = 20\,\Omega$, $R_3 = 2\,\Omega$ এবং $V = 10\,V$

ক. কির্শফের লুপের সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. নিকেলের রোধের উষ্ণতা সহগ $6 \times 10^{-3}\,°C^{-1}$ বলতে কী বুঝ? ২

গ. BC অংশের রোধটি অপসারণ করে বিন্দুদ্বয়কে শর্ট করা হলে বর্তনীর তুল্য রোধ কত হবে? ৩

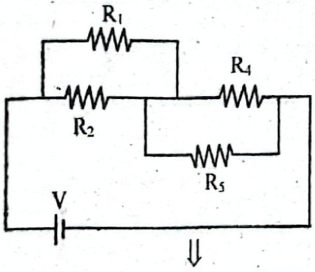
ঘ. BC অংশের রোধটি থাকা অবস্থায় R_5 রোধের মানের পরিবর্তনের মাধ্যমে BC পথে প্রবাহ বন্ধ করা সম্ভব — গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৯০ নং প্রশ্নের উত্তর

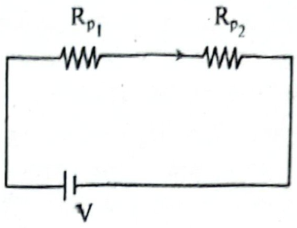
ক কির্শফের লুপের সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ নিকেলের রোধের উষ্ণতা সহগ $6 \times 10^{-3}°C^{-1}$ বলতে বোঝায় যে, **0°C** তাপমাত্রায় $1\,\Omega$ রোধবিশিষ্ট নিকেলের তারের তাপমাত্রা 1°C বাড়ালে এর রোধ $6 \times 10^{-3}\,\Omega$ বৃদ্ধি পায়।

গ BC অংশের রোধ অপসারণ করে বিন্দুদ্বয়কে শর্ট করা হলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ:



এখানে,
রোধ $R_1 = 10\,\Omega$
$R_2 = R_4 = R_5 = 20\,\Omega$
$R_3 = 2\,\Omega$



এখানে, R_1 ও R_2 সমান্তরালে, তাই এদের তুল্যরোধ

$$R_{p_1} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{20}\right)^{-1} = \frac{20}{3}$$

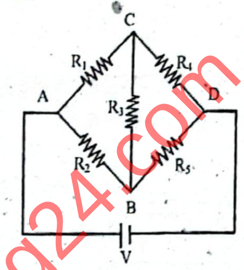
R_4 ও R_5 সমান্তরালে যুক্ত তাই এদের তুল্যরোধ,

$$R_{p_2} = \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20}\right)^{-1} = 10\,\Omega$$

R_{p_1} ও R_{p_2} শ্রেণিতে আছে। তাই এদের তুল্যরোধ,

$$R_{eq} = R_{p_1} + R_{p_2} = \frac{20}{3} + 10 = \frac{50}{3} = 16.67\Omega\ \textbf{(Ans.)}$$

ঘ বর্তনীটিকে আমরা নিম্নোক্ত ভাবে সাজিয়ে পাই



এখানে,
রোধ, $R_1 = 10\,\Omega$
$R_2 = R_4 = R_5 = 20\,\Omega$
$R_3 = 2\,\Omega$.

ব্রীজটি একটি হুইটস্টোন ব্রীজ নির্দেশ করে। ব্রীজটি যদি সাম্যাবস্থায় থাকে তাহলে R_3 এর মধ্যে দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। ধরি, ব্রীজটি সাম্যবস্থায় পৌঁছাবে অর্থাৎ, BC পথে প্রবাহ বন্ধ হবে যদি ৪র্থ বাহুর রোধ R'_5 হয়।

সুতরাং $\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R'_5}$ বা, $\frac{10}{20} = \frac{20}{R'_5}$ বা, $R'_5 = 40\,\Omega$

এখানে, $R_S' > R_5$। সুতরাং, R_5 এর সাথে একটি $R_5' - R_5 = 40 - 20 = 20\,\Omega$ রোধ শ্রেণিতে লাগিয়ে BC পথে প্রবাহ বন্ধ করা সম্ভব।

তাই বলা যায় যে, BC অংশের রোধটি থাকা অবস্থায় R_S রোধের মানের পরিবর্তনের মাধ্যমে BC পথে প্রবাহ বন্ধ করা সম্ভব।

Tutor ৯১ থেকে ১১৯ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph2bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

৯১. ঢাকা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৯২. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৯৪. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
৯৫. সিলেট বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯৬. সিলেট বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯৭. যশোর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৯৮. বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯৯. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১০০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১০১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
১০২. যশোর বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১০৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১০৪. ঢাকা, দিনাজপুর, সিলেট, বোর্ড ২০১৮ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১০৫. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১০৬. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
১০৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
১০৮. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
১০৯. সিলেট বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
১১০. যশোর বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
১১১. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১১২. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১১৩. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১১৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১১৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১১৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১১৭. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
১১৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
১১৯. সিলেট বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc

অধ্যায় ৭ ভৌত আলোকবিজ্ঞান

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

■ বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

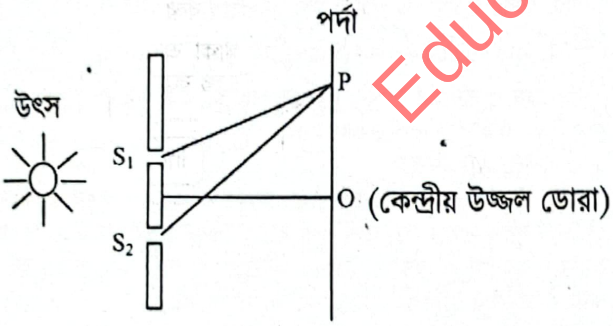
সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২৩	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২২	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২১	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	১	০	১	০	০	১	১	৫
২০১৮	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৭	০	–	০	০	০	০	১	০	০	১
২০১৬	০	–	১	০	১	০	০	০	১	৩
২০১৫	০	–	১	০	০	১	০	০	০	২
মোট প্রশ্ন	৬	৪	৮	৫	৭	৬	৬	৬	৭	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং ৫



পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে ইয়ং-এর দ্বি-চিড় পরীক্ষাটি সম্পন্ন করতে 2.95 mm ব্যবধানের চিড়দ্বয় থেকে 1 m দূরে পর্দা স্থাপন করা হলো। P বিন্দুতে সৃষ্ট ডোরার ক্ষেত্রে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ছিল 5900Å এবং তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য পাওয়া গেল 2.36×10^{-6} m।

ক. সুসংগত উৎস কী? ১

খ. সূর্য থেকে আগত তরঙ্গামুখের প্রকৃতি কীরূপ হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

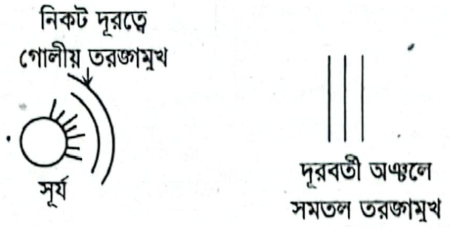
গ. উদ্দীপকে পর্দায় সৃষ্ট ডোরার ব্যবধান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. P বিন্দুতে কী ধরনের ব্যতিচার সৃষ্টি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সুসংগত উৎস হলো এমন দুটি উৎস যা হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হয়।

খ সূর্য থেকে আগত আলোর তরঙ্গামুখের প্রকৃতি সমতল হবে।



আমরা জানি, তরঙ্গস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলো যে তলে অবস্থান করে, তাকে সৃষ্ট তরঙ্গের তরঙ্গামুখ বলে। এখন, তরঙ্গস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর সঞ্চারপথ সমতল হলে তাকে সমতল তরঙ্গামুখ বলে। উৎস থেকে দূরবর্তী অঞ্চলে তরঙ্গামুখের বক্রতা কমতে থাকে। বহুদূরবর্তী কোনো উৎস থেকে আগত তরঙ্গামুখের বক্রতা এত সামান্য যে এর অংশবিশেষকে সমতল ধরা যায়। সে কারণে সূর্য থেকে আগত আলোর তরঙ্গামুখকে সমতল বিবেচনা করা হয়।

গ আমরা জানি,

ডোরা ব্যবধান,

$$\beta = \frac{\lambda D}{a}$$

$$= \frac{5900 \times 10^{-10} \times 1}{2.95 \times 10^{-3}}$$

$$= 2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$= 0.2 \text{ mm (Ans.)}$$

এখানে,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5900$ Å

$= 5900 \times 10^{-10}$ m

চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 2.95$ mm

$= 2.95 \times 10^{-3}$ m

উৎস হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m.

ডোরা ব্যবধান, $\beta = ?$

ঘ আমরা জানি,

দশা পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} \times$ পথ পার্থক্য

এখানে,

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5900$Å

$= 5900 \times 10^{-10}$ m

$= \pi \times \frac{2 \times 2.36 \times 10^{-6}}{5900 \times 10^{-10}}$

$= 8\pi$

পথ পার্থক্য $= 2.36 \times 10^{-6}$ m

যেহেতু দশা পার্থক্য π এর জোড় গুণিতক সেহেতু P বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▶ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৫

নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দিয়ে 6×10^{-3} mm প্রস্থের চিড় আলোকিত করে অপবর্তন সৃষ্টি করা হলো। ফলে কেন্দ্রীয় চরমের উভয় পাশে তৃতীয় ক্রমের অবমগুলোর মধ্যবর্তী কৌণিক দূরত্ব 34.26° পাওয়া গেল। লেন্স থেকে পর্দার দূরত্ব 150 cm।

ক. আলোর সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. ব্যতিচারে সুসংগত উৎস ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের চিড়ে 6000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেললে কেন্দ্রীয় চরমের উভয় পাশে দ্বিতীয় ক্রমের অবম ও চরমের রৈখিক দূরত্বের পার্থক্য এবং তৃতীয় ক্রমের অবম ও চরমের রৈখিক দূরত্বের পার্থক্য একই হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোর সমবর্তন বলে।

খ ব্যতিচারের জন্য প্রয়োজনীয় আলোক তরঙ্গগুলোর একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে এবং আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা-পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকতে হবে। এ সকল বৈশিষ্ট্য কেবল সুসংগত আলোক উৎসে রয়েছে বিধায় আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয়। সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার না করলে আলোক উৎসদ্বয়ের তরঙ্গদৈর্ঘ্য ভিন্ন হতে পারে। আবার, এদের মাঝে নির্দিষ্ট দশা পার্থক্য ও বজায় রাখা সম্ভব হয় না।

গ উদ্দীপকের পরীক্ষণটি হলো একক চিড়ের দরুন অপবর্তন প্রক্রিয়া।

এখানে,
চিড়ের প্রস্থ, $a = 6 \times 10^{-3}$ mm
$= 6 \times 10^{-6}$ m

কেন্দ্রীয় চরমের উভয় পাশে তৃতীয় ক্রমের (n = 3) অবমগুলোর মধ্যবর্তী কৌণিক দূরত্ব, $2\theta = 34.26°$

∴ তৃতীয় ক্রমের অবমের জন্য অপবর্তন কোণ, $\theta = \frac{34.26°}{2} = 17.13°$

আমরা জানি, অবমের জন্য

$a\sin\theta = n\lambda$ [এখানে, λ = আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য]

বা, $\lambda = \frac{a\sin\theta}{n}$ বা, $\lambda = \frac{6 \times 10^{-6} \times \sin 17.13°}{3}$

∴ $\lambda = 5.89 \times 10^{-7}$ m **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের পরীক্ষণটি হল একক চিড়ের দরুন অপবর্তন প্রক্রিয়া।

কেন্দ্রীয় চরমের একই পাশে ২য় ক্রমের [n = 2] অবম ও চরমের কৌণিক দূরত্ব যথাক্রমে θ_2 ও θ_2' হলে

$a \sin \theta_2 = n\lambda$

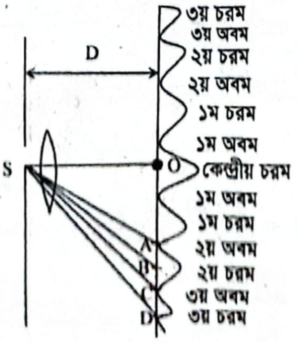
$\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{a}\right)$

$= \sin^{-1}\left(\frac{2 \times 6000 \times 10^{-10}}{6 \times 10^{-6}}\right)$

∴ $\theta_2 = 11.537°$

এবং $a \sin \theta_2' = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$

বা, $\theta_2' = \sin^{-1}\left\{(2n+1)\frac{\lambda}{2a}\right\}$



এখানে,
লেন্স থেকে পর্দার দূরত্ব, D = 150 cm = 1.5 m
চিড়ের প্রস্থ, $a = 6 \times 10^{-3}$ mm
$= 6 \times 10^{-6}$ m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ = 6000Å
$= 6000 \times 10^{-10}$m

$= \sin^{-1}\left\{\frac{(2 \times 2 + 1) \times 6000 \times 10^{-10}}{2 \times 6 \times 10^{-6}}\right\} = 14.478°$

কেন্দ্রীয় চরম O থেকে ২য় অবমের দূরত্ব OA হলে, $\tan\theta_2 = \frac{OA}{D}$

বা, $OA = D\tan\theta_2 = 1.5 \tan(11.537°)$

∴ OA = 0.3062 m

আবার, কেন্দ্রীয় চরম O থেকে ২য় চরমের দূরত্ব OB হলে,

$\tan \theta_2' = \frac{OB}{D}$ বা, $OB = D \tan \theta_2' = 1.5 \tan(14.478°) = 0.3873$ m

∴ ২য় চরম ও অবমের রৈখিক দূরত্বের পার্থক্য,

AB = OB – OA = (0.3873 – 0.3062)m = 0.0811 m

আবার, কেন্দ্রীয় চরমের একই পাশে ৩য় ক্রমের (n = 3) অবম ও চরমের কৌণিক দূরত্ব যথাক্রমে θ_3 ও θ_3' হলে, $a \sin\theta_3 = n\lambda$

বা, $\theta_3 = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{a}\right) = \sin^{-1}\frac{3 \times 6000 \times 10^{-10}}{6 \times 10^{-6}} = 17.458°$

এবং $a \sin\theta_3' = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ বা, $\theta_3' = \sin^{-1}\left\{\frac{(2n+1)\lambda}{2a}\right\}$

$= \sin^{-1}\left\{\frac{(2 \times 3 + 1) \times 6000 \times 10^{-10}}{2 \times 6 \times 10^{-6}}\right\}$

$= 20.487°$

∴ কেন্দ্রীয় চরম O থেকে ৩য় অবমের দূরত্ব OC হলে,

$\tan\theta_3 = \frac{OC}{D}$ বা, $OC = D \tan \theta_3 = 1.5 \tan(17.458°) = 0.4717$ m

আবার, কেন্দ্রীয় চরম O থেকে ৩য় চরমের দূরত্ব OD হলে, $\tan\theta_3' = \frac{OD}{D}$ বা, $OD = D\tan\theta_3' = 1.5 \tan(20.487°) = 0.56$ m

∴ ৩য় চরম ও অবমের রৈখিক দূরত্বের পার্থক্য, CD = OD – OC
= (0.56 – 0.4717) m = 0.0883 m

দেখা যাচ্ছে, AB ≠ CD

যেহেতু, অপবর্তনের ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় চরমের উভয়পাশে অবম ও চরমের কৌণিক দূরত্ব সমান হয়, তাই বলা যায়। কেন্দ্রীয় চরমের উভয় পাশেই ২য় ক্রমের চরম ও অবমের রৈখিক দূরত্বের পার্থক্য এবং তৃতীয় ক্রমের চরম ও অবমের রৈখিক দূরত্বের পার্থক্য সমান নয়।

প্রশ্ন ▶ ৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ২

একজন পরীক্ষার্থী সমতল অপবর্তন গ্রেটিং ব্যবহার করে আলোর অপবর্তন পর্যবেক্ষণ করছিল। অপবর্তন গ্রেটিং এর চিড়ের ও দাগের বেধ যথাক্রমে 0.005 mm এবং 0.001 mm; ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 4000Å পর্দায় কেন্দ্রীয় চরমের উভয়পাশে গৌণ চরম দেখতে পায়।

ক. আলোর সুসঙ্গাত উৎস কাকে বলে? ১

খ. ডোপিং কীভাবে অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতাকে প্রভাবিত করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম ক্রমের উজ্জ্বল রেখার জন্য অপবর্তন কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে ৬ষ্ঠ অবমের জন্য অপবর্তন সম্ভব কি-না? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি উৎস হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদেরকে আলোর সুসঙ্গাত উৎস বলে।

খ বিশুদ্ধ বা সহজাত অর্ধপরিবাহীতে সুবিধাজনক অপদ্রব্য (ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী মৌল) অতিসামান্য পরিমাণে নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে। ডোপিং এর মাধ্যমে যে অপদ্রব্য মেশানো হয় তা অর্ধপরিবাহীর কেলাসে মুক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা বা হোল সংখ্যা বৃদ্ধি করে। তাই, ডোপিং এর ফলে অর্ধপরিবাহীর পরিবহন ধর্ম ব্যাপকভাবে পরিবর্তিত হয় এবং তড়িৎ পরিবাহিতা অনেকগুণ বৃদ্ধি পায়।

গ আমরা জানি,

গ্রেটিং ধ্রুবক, $d = a + b$

$= (0.005 + 0.001)$ mm

$= 0.006 \times 10^{-3}$ m

এখন,

$d\sin\theta = n\lambda$

বা, $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d}$

বা, $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 4000 \times 10^{-10}}{0.006 \times 10^{-3}}\right)$ $\therefore \theta = 3.82°$ **(Ans.)**

এখানে,

চিড়ে বেধ, $a = 0.005$ mm

দাগের বেধ, $b = 0.001$ mm

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000\text{Å}$

$= 4000 \times 10^{-10}$ m

$n = 1$ অর্থাৎ প্রথম ক্রমের উজ্জ্বল রেখার জন্য অপবর্তন কোণ, $\theta = ?$

ঘ ৬ষ্ঠ ক্রমের অবমের জন্য $\sin\theta$ এর গ্রহণযোগ্য মান পাওয়া গেলে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যাবে যে, ৬ষ্ঠ ক্রমের অবমের জন্য অপবর্তন সম্ভব।

এখানে, 'গ' থেকে পাই,

গ্রেটিং ধ্রুবক, $d = 0.006 \times 10^{-3}$ m

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000\text{Å}$

$= 4000 \times 10^{-10}$ m

অবমের ক্রম, $n = 6$

এখন, $d\sin\theta = (2n - 1) \times \frac{\lambda}{2}$

বা, $\sin\theta = \frac{(2 \times 6 - 1) \times 4000 \times 10^{-10}}{0.006 \times 10^{-3} \times 2}$

$\therefore \sin\theta = 0.367 < 1$

$\sin\theta$ এর গ্রহণযোগ্য মান -1 হতে 1 সীমার মধ্যে থাকে।

$\therefore$ এটি গ্রহণযোগ্য অর্থাৎ ৬ষ্ঠ অবমের জন্য অপবর্তন সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ৷ প্রশ্ন নং ২

ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4 mm এবং চিড় হতে পর্দার দূরত্ব 1.2 m। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 3800Å। কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল বিন্দুর উভয় পাশে 9.12 mm পর্যন্ত আলোর বিস্তৃতি পাওয়া যায়। [একটি চিড়ের প্রস্থ 0.1 mm]

ক. অন্তঃস্থ শক্তি কী? ১

খ. ট্রানজিস্টরের বেস পাতলা করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল বিন্দুর যেকোনো এক পাশে সর্বোচ্চ কতক্রম উজ্জ্বল বিন্দু পাওয়া যাবে? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের দ্বি-চিড় এর পরিবর্তে একক চিড়ের পরীক্ষণে পঞ্চম ক্রম চরমের ক্ষেত্রে কৌণিক সরণ একই হবে কি না—বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সিস্টেমের সকল কণার মোট বিভব শক্তি ও গতি শক্তি যার বিনিময়ে সিস্টেম বাহ্যিক শক্তি সরবরাহ ছাড়া কাজ করতে পারে, তাই সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি।

খ ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয় বৈদ্যুতিক সংকেত বিবর্ধন করার উদ্দেশ্যে। ট্রানজিস্টরের সক্রিয় অঞ্চল হলো ভূমি/পীঠ। পীঠ যত পাতলা হবে, নিঃসারক সংগ্রাহক তড়িৎক্ষেত্র তত বেশি শক্তিশালী হবে। এর ফলে পীঠ অঞ্চলে অল্প প্রবাহ প্রবেশ করালেই তার বিশাল প্রভাব সংগ্রাহীতে পড়বে। অর্থাৎ প্রবাহ লাভের (β) মান অত্যাধিক হবে। এ কারণেই ট্রানজিস্টরের বেস বা ভূমি অংশ পাতলা করা হয়।

গ কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল বিন্দুর উভয়পাশে 9.12 mm পর্যন্ত আলোর বিস্তৃতি বলে, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে যেকোনো এক পাশে উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব $x_n = \frac{9.12}{2} = 4.56 \text{ mm} = 4.56 \times 10^{-3}$ m

আমরা জানি,

$x_n = n \times \frac{\lambda D}{a}$

বা, $n = \frac{x_n a}{\lambda D} = \frac{0.4 \times 10^{-3} \times 4.56 \times 10^{-3}}{3800 \times 10^{-10} \times 1.2} = 4$

সুতরাং, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল বিন্দুর যে কোনো একপাশে সর্বোচ্চ 4 তম ক্রমের উজ্জ্বল বিন্দু পাওয়া যাবে। **(Ans.)**

এখানে,

চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$a = 0.4$ mm

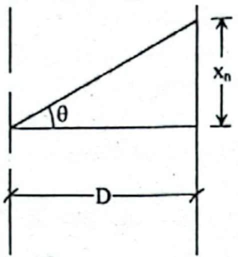
$= 0.4 \times 10^{-3}$ m

চিড় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1.2$ m

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800\text{Å}$

$= 3800 \times 10^{-10}$ m

ঘ দ্বি-চিড় পরীক্ষায়,



আমরা জানি,

$x_n = n \times \frac{\lambda D}{a}$

বা, $x_n = 5 \times \frac{3800 \times 10^{-10} \times 1.2}{0.4 \times 10^{-3}}$

$\therefore x_n = 5.7 \times 10^{-3}$ m

এখন, $\tan\theta_1 = \frac{x_n}{D}$

বা, $\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{5.7 \times 10^{-3}}{1.2}\right)$

$\therefore \theta_1 = 0.272°$

$\therefore$ প্রথম ক্ষেত্রে, পঞ্চম ক্রম চরমের কৌণিক সরণ, $\theta_1 = 0.272°$

একক চিড়ের পরীক্ষণে,

$a'\sin\theta_2 = (2n + 1) \times \frac{\lambda}{2}$

বা, $\sin\theta_2 = \frac{(2n + 1)\lambda}{2a'}$

বা, $\sin\theta_2 = \frac{(2 \times 5 + 1) \times 3800 \times 10^{-10}}{2 \times 0.1 \times 10^{-3}}$

$\therefore \theta_2 = 1.197°$

$\therefore$ দ্বিতীয় ক্ষেত্রে পঞ্চম ক্রম চরমের কৌণিক সরণ, $\theta_2 = 1.197°$

$\because \theta_1 \neq \theta_2$।

$\therefore$ উদ্দীপকের দ্বি-চিড় এর পরিবর্তে একক চিড়ের পরীক্ষণে পঞ্চম ক্রম চরমের ক্ষেত্রে কৌণিক সরণ একই হবে না।

এখানে,

চিড়ের প্রস্থ, $a' = 0.1$ mm

$= 0.1 \times 10^{-3}$ m

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800\text{Å}$

$= 3800 \times 10^{-10}$ m

চরমের ক্রম, $n = 5$

দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.4$ mm

$= 0.4 \times 10^{-3}$ m

চিড় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1.2$ m

প্রশ্ন ▸ ৫ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ৷ প্রশ্ন নং ৪

আলোর ব্যতিচার পরীক্ষা করার জন্য ছাত্ররা দুটি সুসংগত উৎস ব্যবহার করল। উৎস হতে নির্গত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 4500Å। উৎস হতে পর্দার দূরত্ব 1m এবং ডোরার প্রস্থ 5 mm।

ক. পয়েন্টিং ভেক্টর কাকে বলে? ১

খ. ব্যতিচার পরীক্ষায় সুসংগত আলোর উৎস ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উক্ত উৎস হতে নির্গত ফোটনের শক্তি হিসাব করো। ৩

ঘ. পর্দার কেন্দ্র হতে 6.38 mm দূরে কোন ধরনের ডোরা সৃষ্টি হবে তার গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে লম্বভাবে স্থাপিত তলের একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে অতিক্রান্ত শক্তিকে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে।

খ ২(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ আমরা জানি,

আলোর জন্য ফোটনের শক্তি, E হলে,

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4500 \times 10^{-10}}$$
$$= 4.42 \times 10^{-19}\ \text{J}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 4500\ \text{Å}$
$= 4500 \times 10^{-10}$ m
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^{8}\ \text{ms}^{-1}$

ঘ আমরা জানি,

$$\beta = \frac{\lambda D}{2a}$$
$$\text{বা, } a = \frac{\lambda D}{2\beta}$$
$$\text{বা, } a = \frac{4500 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 5 \times 10^{-3}}$$
$$\therefore a = 4.5 \times 10^{-5}\ \text{m}$$

এখানে,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4500\text{Å}$
$= 4500 \times 10^{-10}$ m
উৎস হতে পর্দার দূরত্ব, D = 1 m
ডোরার প্রস্থ, $\beta = 5$ mm
$= 5 \times 10^{-3}$ m
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব
a = ?

পর্দার কেন্দ্র হতে n তম ক্রমের জন্য $x_n = 6.38 \times 10^{-3}$ m দূরে উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টি হলে,

$$x_n = n \times \frac{\lambda D}{a}\ [\text{n হলো } \frac{\lambda D}{a} \text{ এর গুণিতক}]$$
$$\text{বা, } n = \frac{x_n \times 2a}{\lambda D}$$
$$\text{বা, } n = \frac{6.38 \times 10^{-3} \times 4.5 \times 10^{-5}}{4500 \times 10^{-10} \times 1}$$
$$\therefore n = 0.638$$

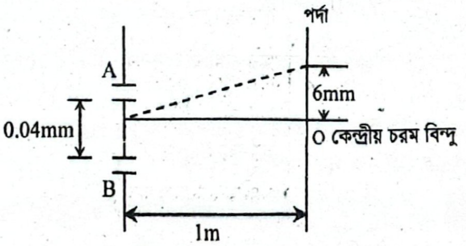
আবার, $x_n = 6.38 \times 10^{-1}$ m দূরে n তম অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি হলে,

$$x_n = (2n-1)\frac{\lambda D}{2a}$$
$$\text{বা, } (2n-1) = \frac{x_n \times 2a}{\lambda D} = \frac{6.38 \times 10^{-3} \times 2 \times 4.5 \times 10^{-5}}{4500 \times 10^{-10} \times 1}$$
$$\text{বা, } (2n-1) = 1.276$$
$$\therefore n = 1.138 \approx 1$$

∴ পর্দার কেন্দ্র থেকে 6.38 mm দূরে ১ম অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৪

চিত্রে কেন্দ্রীয় চরম বিন্দু O হতে ৪র্থ চরম বিন্দু P এর দূরত্ব 6mm।



ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. দশা পার্থক্য পথ পার্থক্যের $\frac{2\pi}{\lambda}$ গুণ– ব্যাখ্যা করো। ২

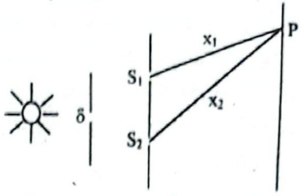
গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করা হলে, ডোরার ব্যবধান বর্তমান ডোরার প্রস্থের সমান হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপবর্তন গ্রেটিং-এ যেকোনো একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ ধরা যাক, S_1 ও S_2 দুটি সুসঙ্গত উৎস। S_1 ও S_2 উৎসদ্বয় থেকে সর্বদা একই দশাসম্পন্ন তরঙ্গ নির্গত হলেও পথ পার্থক্যের কারণে পর্দার বিভিন্ন বিন্দুতে দশা পার্থক্য সৃষ্টি হবে। S_1 ও S_2 থেকে পর্দার উপরের কোনো বিন্দুর দূরত্ব $S_1P = x_1$ ও $S_2P = x_2$ এবং এদের দশা ধ্রুবক যথাক্রমে δ_1 ও δ_2।



$$\text{সুতরাং, } \delta_1 = \frac{2\pi}{\lambda}x_1 \text{ এবং } \delta_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \times x_2$$
$$\therefore \text{দশা পার্থক্য, } \delta = \delta_2 - \delta_1 = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1)$$
$$\therefore \text{দশা পার্থক্য} = \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{পথ পার্থক্য।}$$

গ আমরা জানি,

$$x_n = \frac{n\lambda D}{a}$$
$$\text{বা, } \lambda = \frac{a\,x_n}{n\,D}$$
$$\therefore \lambda = \frac{0.04 \times 10^{-3} \times 6 \times 10^{-3}}{4 \times 1}$$
$$= 6 \times 10^{-8}\ \text{m}$$
$$= 600\text{Å}\ \text{(Ans.)}$$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.04 = 0.04 \times 10^{-3}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব,
D = 1 m
উজ্জ্বল পট্টির ক্রম, n = 4
উজ্জ্বল পট্টির দূরত্ব,
$x_n = 6\ \text{mm} = 6 \times 10^{-3}$ m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ = ?

ঘ আমরা জানি,

$$\text{ডোরা প্রস্থ, } b = \frac{\lambda D}{2a}$$
$$= \frac{6 \times 10^{-8} \times 1}{2 \times 0.04 \times 10^{-3}}$$
$$= 7.5 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

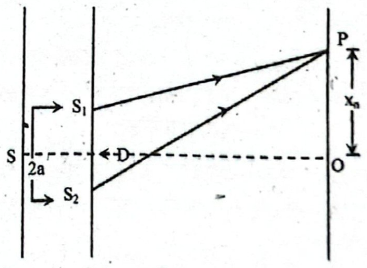
এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, a = 0.04 mm
$= 0.04 \times 10^{-3}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব, D = 1m
'গ' হতে প্রাপ্ত,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6 \times 10^{-8}$ m

চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করা হলে, $D' = \frac{1}{2}D = 0.5$ m হবে।

$$\therefore \text{ডোরা ব্যবধান হবে, } \beta = \frac{\lambda D'}{a}$$
$$= \frac{6 \times 10^{-8} \times 0.5}{0.04 \times 10^{-3}}$$
$$= 7.5 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

∵ b = β। সুতরাং উদ্দীপকের চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করা হলে, ডোরার ব্যবধান বর্তমান ডোরার প্রস্থের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৪



চিত্র অনুযায়ী ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় দুই চিড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2a = 0.5 mm এবং চিড় থেকে পর্দার দূরত্ব 1.4 m কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল বিন্দু O হতে দ্বিতীয় উজ্জ্বল P বিন্দুর দূরত্ব 6 mm।

ক. তরঙ্গমুখ বলতে কী বোঝ? ১

খ. রাস্তার সিগনাল বাতিতে লাল বর্ণের বাতি ব্যবহার করার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহারকৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলো পরিবর্তন না করে ডোরার প্রস্থ দ্বিগুণ করতে হলে পর্দাকে সরাতে হবে– গাণিতিকভাবে উক্তিটি ব্যাখ্যা করো। ৪

পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্র

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশা ায় তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

দৃশ্যমান আলোর মধ্যে লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সবচেয়ে বড়। তাই মণ্ডলে এর বিক্ষেপণ সবচেয়ে কম। এতে করে লাল আলো অনেক র থেকে স্পষ্ট দেখা যায়। এ কারণেই রাস্তার সিগনাল বাতিতে লাল ের বাতি ব্যবহার করা হয়।

৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\lambda = 1.07 \times 10^{-6}$ m।

∴ ডোরা প্রস্থ, $b = \frac{\lambda D}{2d}$

$= \frac{1.07 \times 10^{-6} \times 1.4}{2 \times 0.5 \times 10^{-3}}$

$= 1.5 \times 10^{-3}$ m

এখানে,
চিড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$d = 2a = 0.5$ mn $= 0.5 \times 10^{-3}$ m
চিড় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1.4$ m.
'গ' হতে প্রাপ্ত,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 1.07 \times 10^{-6}$ m

র প্রস্থ দ্বিগুণ অর্থাৎ
$b' = 2 \times 1.5 \times 10^{-3}$m
$b' = 3 \times 10^{-3}$ m করতে হলে
হতে পর্দার দূরত্ব হবে D'

ে, $b' = \frac{\lambda D'}{2d}$

$D' = \frac{2db'}{\lambda} = \frac{2 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-3}}{1.07 \times 10^{-6}} = 2.8$ m

$D' > D$। সুতরাং উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলো পরিবর্তন না করে ডোরার থ দ্বিগুণ করতে হলে পর্দাকে আরও (2.8 − 1.4) = 1.4 m পেছনে তে হবে।

▸ ৮ যশোর বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং 8

টি সমতল অপবর্তন গ্রেটিং এর চিড় এবং দাগের প্রস্থ যথাক্রমে 1 × $^{-6}$ m ও 1.5×10^{-6} m। গ্রেটিংটির উপর 5500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের লো দ্বারা আলোকিত করা হলো।

ক. গঠনমূলক ব্যতিচার কাকে বলে? ১
খ. ইয়ং-এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড়দ্বয়ের ব্যবধান স্বল্প হওয়া প্রয়োজন কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. একক দৈর্ঘ্যে চিড়ের সংখ্যা নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের গ্রেটিং থেকে ৫ম ক্রমের উজ্জ্বল পট্টি পাওয়া যাবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যাচাই করো। 8

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে ঙ্গদ্বয় সমদশায় মিলিত হয়ে লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার বা তীব্রতা সর্বোচ্চ াকে গঠনমূলক ব্যতিচার বলে।

ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় আলোর ব্যতিচার ঘটানোর জন্য সুসঙ্গত লার উৎসের দরকার হয়। কারণ সুসঙ্গত উৎস থেকে নির্গত লার তরঙ্গের দশা পার্থক্য সবসময় একই থাকে। আবার, সুসঙ্গত এর শর্ত হলো উৎস দুটি পরস্পরের খুব নিকটে হতে হবে। দ্বয়ের দূরত্ব অনেক বেশি হলে তা সুসঙ্গত উৎস হবে না এবং তা আলোর ব্যতিচার পরীক্ষা করা যাবে না। তাই ইয়ং এর দ্বিচিড় ক্ষায় চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব কম হওয়া বাঞ্ছনীয়।

∴ গ্রেটিং ধ্রুবক, $d = a + b$
$\times 10^{-6} + 1.5 \times 10^{-6}$
$.5 \times 10^{-6}$ m
একক দৈর্ঘ্যে চিড়ের সংখ্যা,
$\frac{1}{d} = \frac{1}{2.5 \times 10^{-6}}$ m^{-1}
$N = 400 \times 10^{3}$ m^{-1} **(Ans.)**

এখানে,
চিড়ের প্রস্থ, $a = 1 \times 10^{-6}$ m
দাগের প্রস্থ, $b = 1.5 \times 10^{-6}$ m

পঞ্চম ক্রমের অপবর্তনের জন্য n = 5, এক্ষেত্রে sinθ এর যোগ্য মান পাওয়া গেলে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যাবে যে, ৫ম ের উজ্জ্বল পট্টি সম্ভব।

আমরা জানি, $d\sin\theta = n\lambda$

$\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = n\lambda N$

'গ' থেকে পাই,
একক দৈর্ঘ্যে চিড়ের সংখ্যা
$N = 400 \times 10^{3}$ m^{-1}

$= 5 \times 5500 \times 10^{-10}$m $\times 400 \times 10^{3}$ m$^{-1} = 1.1 > 1$

কিন্তু sin θ এর সর্বোচ্চ মান 1 হতে পারে।
সুতরাং এটি গ্রহণযোগ্য মান নয়।

সুতরাং ৫ম ক্রমের উজ্জ্বল পট্টি সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▸ ৯ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ | প্রশ্ন নং 8

বায়ুতে ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় দুটি চিড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4 mm এবং চিড় হতে পর্দার দূরত্ব 1m। কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 12 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব 9.3 mm। পরবর্তীতে পরীক্ষণটি পানিতে সম্পন্ন করা হলো। পানির প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$।

ক. সমবর্তন কাকে বলে? ১
খ. পয়েন্টিং ভেক্টর ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বায়ুতে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পানিতে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 9.3 mm দূরত্বে উজ্জ্বল ডোরার সংখ্যার পরিবর্তন হবে কি-না যাচাই করো। 8

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি বহন করে। কোনো তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতিপথে লম্বভাবে স্থাপিত কোনো একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ শক্তি অতিক্রম করে ঐ শক্তির মান ও তার প্রবাহের দিককে একত্রে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে। একে $\vec{S}$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তড়িৎক্ষেত্র $\vec{E}$, চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B}$ এবং পয়েন্টিং ভেক্টর $\vec{S}$-এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক হলো: $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{E} \times \vec{B})$ অর্থাৎ $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ এবং একক হলো Wm^{-2}। যেহেতু S একটি ভেক্টর রাশি এর দিক হবে যেদিকে শক্তি স্থানান্তরিত হয় সেদিকে।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\lambda = 3.1 \times 10^{-7}$ m।

ঘ পানিতে আলোর বেগ পরিবর্তন হয় কিন্তু উৎস একই বলে কম্পাঙ্ক একই থাকবে। আর তাই তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও পরিবর্তিত হবে।

আমরা জানি,

$\eta = \frac{c_a}{c_w}$ [c_a = বায়ুতে আলোর বেগ এবং c_w পানিতে আলোর বেগ]

এখানে,
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.4$ mm $= 0.4 \times 10^{-3}$ m
চিড় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m
'গ' হতে পাই,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3.1 \times 10^{-7}$ m
পানির প্রতিসরাঙ্ক, $\eta = \frac{4}{3}$

বা, $\frac{4}{3} = \frac{f\lambda}{f\lambda'}$ [λ' = পানিতে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য]

বা, $\lambda' = \frac{3.1 \times 10^{-7}}{4} \times 3$

$\therefore \lambda' = 2.325 \times 10^{-7}$ m

দেওয়া আছে, বায়ুতে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল থেকে 9.3 mm দূরে 12 তম উজ্জ্বল ডোরা তৈরি হয়।

পানিতে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 9.3 mm অর্থাৎ $x_n = 9.3 \times 10^{-3}$ m দূরত্বে উজ্জ্বল ডোরার ক্রম n হলে,

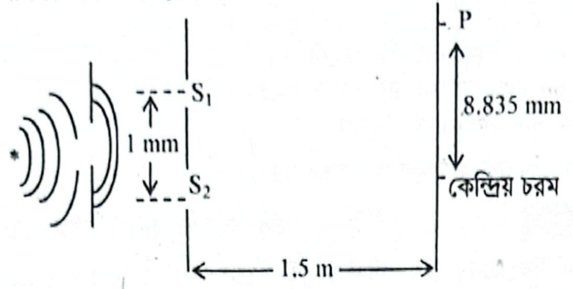
$x_n = \frac{n\lambda' D}{a}$ বা, $n = \frac{x_n a}{\lambda' D} = \frac{9.3 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 10^{-3}}{2.325 \times 10^{-7} \times 1}$

$\therefore n = 16 \neq 12$

∴ পানিতে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 9.3 mm দূরত্বে উজ্জ্বল ডোরার সংখ্যার পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶ ১০ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৪

উদ্দীপকটি লক্ষ করো:



দ্বি–চির পরীক্ষণটিতে 5890 Å আলোক রশ্মি ব্যবহার করা হলো।

ক. সুসজ্জাত উৎস কী? ১

খ. তরঙ্গ মুখের প্রকৃতি উৎস হতে দূরত্ব নির্ভর – ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার দুরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. P বিন্দুটিতে কোন ধরনের ব্যতিচার পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সুসংগত উৎস হলো এমন দুটি উৎস যা হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হয়।

খ কোনো তরঙ্গের উপর অবস্থিত সমদশা সম্পন্ন কণাগুলোর সংযোজক রেখাকে তরঙ্গ মুখ বলে। সময়ের সাথে সাথে আলোক তরঙ্গগুলো দূরে সরে যেতে থাকে। উৎস হতে দূরত্ব যত বেশি হবে ত্রিমাত্রিক স্থানে তরঙ্গার উপর অবস্থিত বিন্দুগুলো থেকে অঙ্কিত বৃত্তচাপগুলোর ব্যাসার্ধও বেড়ে যাবে। অর্থাৎ গোলীয় তলের বক্রতা কমতে থাকবে। উৎস হতে বহুদূরে এ তরঙ্গ মুখকে প্রায় সমতল ধরা যায়। অর্থাৎ বলা যায় তরঙ্গ মুখের প্রকৃতি উৎস হতে দুরত্ব নির্ভর।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.8835 mm।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** দশা পার্থক্য 20π, তাই P বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ১১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৫,
দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৪

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 5890 Å আলো ব্যবহারে 1.5 m দূরে স্থাপিত পর্দায় ব্যতিচার সজ্জা সৃষ্টি করা হলো, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 mm।

ক. হাইগেনসের নীতি লেখো। ১

খ. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সমবর্তীত হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক বিস্তার নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চির ও পর্দার অবস্থান অপরিবর্তীত রেখে দশম উজ্জ্বল ডোরার অবস্থানে ১৫তম অন্ধকার ডোরা সৃষ্টি করা যাবে কিনা? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত সব বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হয়, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময়ে উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

খ ফিল্টারের মাধ্যমে বিভিন্ন তলে কম্পান তরঙ্গের কম্পন একটি নির্দিষ্ট তলে হওয়ার ঘটনাকে সমাবর্তন বলা হয়। অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সমবর্তীত হয় না। কারণ, অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের কম্পন একটি নির্দিষ্ট তলে তরঙ্গ প্রবাহের দিক বরাবর ঘটে। এ তরঙ্গ বিভিন্ন তলে কম্পিত না হওয়ার কারণে একটি নির্দিষ্ট তলে কম্পনক্ষম বা সমবর্তিত করা যায় না।

গ প্রথম উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক দূরত্ব θ হলে,

$$a\sin\theta = n\lambda$$

$$\text{বা, } \sin\theta = \frac{n\lambda}{a}$$

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{a}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 5890 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-3}}\right)$$

$$= 0.034°$$

এখানে,
প্রথম উজ্জ্বল ডোরার জন্য, n =
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5890$ Å
$= 5890 \times 10^{-10}$ m
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 1$ mm $= 1 \times 10^{-3}$ m

∴ প্রথম উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক বিস্তার $= 2\theta = 2 \times 0.034°$
$= 0.068°$ **(Ans.)**

ঘ ধরি, কেন্দ্রীয় চরম হতে দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, x_n
যেখানে, n = 10

$$\therefore x_n = \frac{n\lambda D}{a}$$

$$= \frac{10 \times 5890 \times 10^{-10} \times 1.5}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 8.835 \times 10^{-3}\text{ m}$$

এখানে,
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 1$ mm $= 1 \times 10^{-3}$ m
উৎস হতে পর্দার দূরত্ব, D = 1.5
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5890$ Å
$= 5890 \times 10^{-10}$

ধরি, চির ও পর্দার অবস্থান অপরিবর্তিত রেখে দশম উজ্জ্বল স্থানে ১৫তম অন্ধকার ডোরা তৈরি করতে λ′ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ব্যবহার করতে হবে। এখানে, n = 15

$$\text{সুতরাং, } x_n = (2n-1)\frac{\lambda'}{2}\cdot\frac{D}{a}$$

$$\text{বা, } 8.835 \times 10^{-3} = (2 \times 15 - 1) \times \frac{\lambda'}{2} \times \frac{1.5}{1 \times 10^{-3}}$$

$$\text{বা, } \lambda' = \frac{2 \times 1 \times 10^{-3} \times 8.835 \times 10^{-3}}{1.5 \times (2 \times 15 - 1)}$$

$$= 4.06 \times 10^{-7}\text{ m} = 4062\text{ Å}$$

∴ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য (5890 – 4062) = 1828 Å কমিয়ে উজ্জ্বল ডোরার অবস্থানে ১৫তম অন্ধকার ডোরা তৈরি করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ১২ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং

ইয়ং–এর দ্বি-চির পরীক্ষণে ব্যবহৃত আলোক উৎসের তরঙ্গদৈর্ঘ্য Å, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 mm এবং চির ও পর্দার লম্ব দূরত্ব 1 পরবর্তীতে চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক এবং চির ও পর্দার দ্বিগুণ করা হলো।

ক. তরঙ্গমুখ কাকে বলে?

খ. ব্যতিচার ও অপবর্তন আলোক ঘটনা দুটির মাঝে পার্থক্য কী? ব্যাখ্যা করো।

গ. ১ম ক্ষেত্রে দশম উজ্জ্বল ডোরার কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল দূরত্ব নির্ণয় করো।

ঘ. দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ডোরা প্রস্থ পরিবর্তন হয়– গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ বলে।

খ ব্যতিচার ও অপবর্তন আলোক ঘটনা দুটির মৌলিক পার্থক্য নিম্নরূপ:

ব্যতিচার	অপবর্তন
১। একই উৎস হতে নির্গত দুটি সুসংগত তরঙ্গমুখ থেকে প্রাপ্ত তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।	১। একই তরঙ্গমুখের অংশ থেকে নির্গত তরঙ্গসমূহের উপরিপাতনের অপবর্তনের সৃষ্টি হয়।
২। ব্যতিচারে সৃষ্ট অন্ধকার ডোরা গুলোতে কোনো আলো থাকে না।	২। অপবর্তনে সৃষ্ট অন্ধকার ডোরাগুলো কখনো সম্পূর্ণ অন্ধকার হয় না বরং কিছু আলো থাকে।

৩। ব্যতিচারে সৃষ্ট ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হতেও পারে, নাও পারে।	৩। অপবর্তনে সৃষ্ট ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হয় না।
৪। ব্যতিচারে সৃষ্ট সকল উজ্জ্বল ডোরার তীব্রতা তথা উজ্জ্বলতা সমান হয়।	৪। অপবর্তনে সৃষ্ট সকল উজ্জ্বল ডোরার তীব্রতা সমান হয় না।

গ আমরা জানি,

$$x_n = \frac{n\lambda D}{a}$$

$$\text{বা, } x_n = \frac{10 \times 5896 \times 10^{-10} \times 1}{0.002}$$

$$x_n = 0.00294 \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,
চিরদ্বয়ের ব্যবধান,
$a = 2 \text{ mm} = 0.002 \text{ m}$
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1 \text{ m}$
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5896 \text{ Å} = 5896 \times 10^{-10} \text{ m}$
উজ্জ্বল পট্টির ক্রম, $n = 10$
দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $x_n = ?$

ঘ ১ম ক্ষেত্রে,
ডোরা প্রস্থ,

$$\beta_1 = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{5896 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 2 \times 10^{-3}} = 1.474 \times 10^{-4} \text{ m}$$

এখানে,
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$
চিড় ও পর্দার মধ্যবর্তী লম্ব দূরত্ব,
$D = 1 \text{ m}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5896 \text{ Å}$
$= 5896 \times 10^{-10} \text{ m}$

২য় ক্ষেত্রে,

চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a_2 = \frac{a}{2} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$

চিড় ও পর্দার দূরত্ব, $D_2 = 2D = 2 \times 1 = 2 \text{ m}$

ডোরা প্রস্থ, $\beta_2 = \frac{\lambda D_2}{2a_2}$

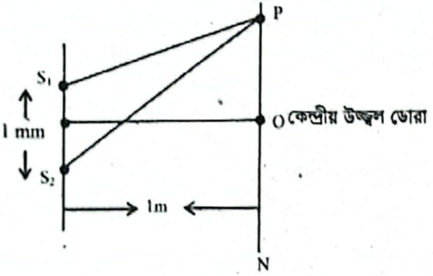
$$= \frac{5896 \times 10^{-10} \times 2}{2 \times 1 \times 10^{-3}} = 5.896 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$\therefore \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{5.896 \times 10^{-4}}{1.474 \times 10^{-4}} = 4$$

$$\therefore \beta_2 = 4\beta_1$$

২য় ক্ষেত্রে ডোরা প্রস্থ পরিবর্তীত হয়ে ১ম ক্ষেত্রের 4 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৩ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৪



বায়ু মাধ্যমে ইয়ং-এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $\lambda = 3800 \text{ Å}$ এবং $S_2P - S_1P = 6\lambda$।

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তনে উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চিত্রে O এবং P বিন্দুর মধ্যকার দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সমগ্র পরীক্ষাটিকে 1.30 প্রতিসরাঙ্কের কোনো মাধ্যমে সম্পন্ন করা হলে ১২তম অন্ধকার ডোরার কৌণিক অবস্থানের কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপবর্তন গ্রেটিং-এ যেকোনো একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ প্রতিবন্ধক বা ছিদ্র থেকে আলোক উৎস এবং পর্দা উভয়ই অসীম দূরত্বে থাকলে যেসব অপবর্তন ঘটে তাদের ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তন বলে। আলোর উৎস ও পর্দার দূরত্ব কাছাকাছি হলে সেখান থেকেও ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তন তৈরি করা যায়। এ জন্য একটি উত্তল লেন্স আলোক উৎস ও পর্দার মধ্যবর্তী স্থানে রাখতে হয়। উত্তল লেন্সের ফোকাসে আলোক উৎস স্থাপন করলে প্রতিসরণের পর আলোক রশ্মিগুলো সমান্তরাল রশ্মি গুচ্ছে পরিণত হয়। সেগুলোকে কোনো প্রতিবন্ধক বা চিড়ের উপর আপতিত করে ফ্রনহফার শ্রেণির অপবর্তন পাওয়া যায়। মূলত আলোক রশ্মিগুলো সমান্তরালভাবে পর্দার উপর ফেলার জন্যই উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়।

গ O এবং P বিন্দুর পথ পার্থক্য

$n\lambda = 6\lambda$
বা, $n = 6$
$\therefore$ OP এর মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$\Delta x = \frac{n\lambda D}{a} = \frac{6 \times 3.8 \times 10^{-7} \times 1}{1 \times 10^{-3}} = 2.28 \times 10^{-3} \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,
চিড়ের ব্যবধান, $a = 1 \text{ mm}$
$= 1 \times 10^{-3} \text{ m}$
পর্দার দূরত্ব, $D = 1 \text{ m}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800 \text{ Å}$
$= 3.8 \times 10^{-7} \text{ m}$

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, ১২তম অন্ধকার ডোরার কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দূরত্ব,

$$x = (2n - 1)\frac{\lambda}{2} \cdot \frac{D}{a}$$

$$= (2 \times 12 - 1)\frac{3800 \times 10^{-10}}{2} \times \frac{1}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 4.37 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$\therefore$ কৌণিক ব্যবধান,

$$\theta = \tan^{-1}\frac{x}{D} = \tan^{-1}\left(\frac{4.37 \times 10^{-3}}{1}\right) = 0.250°$$

এখানে,
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$
উৎস ও পর্দার দূরত্ব,
$D = 1 \text{ m}$
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 3800 \text{ Å}$
$= 3800 \times 10^{-10} \text{ m}$
$n = 12$
প্রতিসরণাঙ্ক, ${}_a\mu_m = 1.30$

২য় ক্ষেত্রে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ_1 হলে এবং বেগ c_m হলে,

$${}_a\mu_m = \frac{c_a}{c_m} \text{ বা, } 1.30 = \frac{f\lambda}{f\lambda_1} \; [\because c = f\lambda]$$

$$\text{বা, } \lambda_1 = \frac{\lambda}{1.3} = \frac{3800 \times 10^{-10}}{1.3} = 2923.07 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{সুতরাং, } x_1 = (2n - 1)\frac{\lambda_1}{2} \cdot \frac{D}{a} = (2 \times 12 - 1) \times \frac{2923.07 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 1 \times 10^{-3}}$$

$$= 3.3615 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\therefore \theta_1 = \tan^{-1}\frac{x_1}{D} = \tan^{-1}\frac{3.3615 \times 10^{-3}}{1} = 0.19°$$

কৌণিক অবস্থানের পরিবর্তন হবে, $(\theta - \theta_1) = (0.25° - 0.19°) = 0.06°$ হবে।

সুতরাং, উদ্দীপকের সমগ্র পরীক্ষাটিকে 1.30 প্রতিসরণাঙ্কের কোনো মাধ্যমে সম্পন্ন করা হলে 12 তম অন্ধকার ডোরার কৌণিক অবস্থান পূর্বের চেয়ে 0.06° কমে যাবে।

প্রশ্ন ▸ ১৪ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৫

ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী ব্যবধান 1 mm এর থেকে পর্দার দূরত্ব 1 m। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 6000 Å।

ক. তরঙ্গ মুখ কী? ১
খ. সুসংগত উৎসের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের পর্দায় সৃষ্ট ডোরাগুলোর প্রস্থ কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের চিড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের দ্বিগুণ হলে পর্দায় সর্বোচ্চ কয়টি উজ্জ্বল ডোরা পাওয়া সম্ভব? তোমার উত্তর গাণিতিক বিশ্লেষণে দাও। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাই ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ।

খ সুসংগত উৎসের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো—

১. সুসংগত উৎস হতে নিঃসৃত আলোক তরঙ্গগুলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য একই মানের হয়।

২. আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যে নিঃসৃত হয়। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকে।

৩. উৎস দুটি খুব কাছাকাছি এবং ছোট হয়।

গ আমরা জানি,

ডোরা প্রস্থ,

$$b = \frac{\lambda_r D}{2a}$$

বা, $b = \dfrac{6000 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 1 \times 10^{-3}}$

$\therefore b = 3 \times 10^{-4}$ m **(Ans.)**

এখানে,

চিড় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m

চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী ব্যবধান,

$a = 1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3}$ m

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,

$\lambda_r = 6000$ Å

$= 6000 \times 10^{-10}$ m

ঘ ধরি, n সংখ্যক সর্বোচ্চ উজ্জ্বল ডোরা পাওয়া যাবে। সর্বোচ্চ উজ্জ্বল ডোরার ক্ষেত্রে, $\theta = 90°$

আমরা জানি,

$$a \sin\theta = n\lambda$$

এখানে,

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,

$\lambda = 6000$ Å

$= 6000 \times 10^{-10}$ m

$\therefore$ পরিবর্তিত চিড়দ্বয়ের ব্যবধান,

$a = 2\lambda = 2 \times 6000 \times 10^{-10}$ m

$= 12000 \times 10^{-10}$ m

বা, $a \sin 90° = n\lambda$

বা, $n = \dfrac{a}{\lambda} = \dfrac{12000 \times 10^{-10}}{6000 \times 10^{-10}} = 2$

$\therefore$ সর্বোচ্চ উজ্জ্বল ডোরা পাওয়া সম্ভব $= (2n + 1) = (2 \times 2 + 1) = 5$টি

$\therefore$ চিড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের দ্বিগুণ হলে পর্দায় কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরাসহ দুইপাশে 2টি করে মোট 5টি উজ্জ্বল ডোরা পাওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ১৫ সিলেট বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৩

পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবের ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় একবর্ণী 5890 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক উৎস, চিড়দ্বয় 0.8 mm ব্যবধানে এবং পর্দা চিড়দ্বয় হতে 1 m দূরত্বে আছে। রিমা পর্দাকে চিড়দ্বয়ের দিকে 5.2 cm সরিয়ে এবং সীমা পর্দাকে বিপরীত দিকে 5.2 cm দূরে সরিয়ে ব্যতিচার সজ্জা পর্যবেক্ষণ করে। রিমা ডোরার প্রস্থের পরিবর্তন 0.02 mm দেখল।

ক. আলোর সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. ফ্রনহফার শ্রেণি অপবর্তনে উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পর্দার প্রাথমিক অবস্থানে প্রতিটি ডোরার প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রিমার পরীক্ষায় কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি হতে তৃতীয় অন্ধকার পট্টির দূরত্ব প্রাথমিক অবস্থান থেকে যতটুকু কমে সীমার পরীক্ষায় ততটুকু বৃদ্ধি পায়– গাণিতিকভাবে যাচাইপূর্বক বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোর সমবর্তন বলে।

খ ১৩(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.68×10^{-4} m।

ঘ কেন্দ্রীয় চরম হতে ৩য় অন্ধকার পট্টির দূরত্ব x হলে

$x = (2n - 1)\dfrac{\lambda}{2} \cdot \dfrac{D}{a}$

$= (2 \times 3 - 1)\dfrac{5890 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 0.8 \times 10^{-3}}$

$= 1.841 \times 10^{-3}$ m

$= 1.841$ mm

এখানে,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 5890$ Å

$= 5890 \times 10^{-10}$ m

চিড়দ্বয়ের ব্যবধান,

$a = 0.8 \text{ mm} = 0.8 \times 10^{-3}$ m

উৎস ও পর্দার দূরত্ব,

$D = 1$ m

$n = 3$

রিমার ক্ষেত্রে পর্দার দূরত্ব, $D_1 = D - 5.2$ cm

$= 1 - 5.2 \times 10^{-2} = 0.948$ m

$\therefore$ কেন্দ্রীয় চরম হতে অন্ধকার পট্টির দূরত্ব, x_1 হলে,

$x_1 = (2n - 1)\dfrac{\lambda}{2}\dfrac{D_1}{a} = \dfrac{(2 \times 3 - 1) \times 5890 \times 10^{-10} \times 0.948}{2 \times 0.8 \times 10^{-3}}$

$= 1.745 \times 10^{-3}\text{m} = 1.745$ mm

$\therefore$ অন্ধকার পট্টির দূরত্ব কমবে,

$\Delta x_1 = x - x_1 = 1.841 - 1.745 = 0.096$ mm

সীমার ক্ষেত্রে, পর্দার দূরত্ব, $D_2 = D + 5.2 \times 10^{-2}$

$= 1 + 5.2 \times 10^{-2} = 1.052$ m

$\therefore$ কেন্দ্রীয় চরম হতে অন্ধকার পট্টির দূরত্ব, $x_2 = (2n - 1)\dfrac{\lambda}{2} \cdot \dfrac{D_2}{a}$

$= (2 \times 3 - 1) . \dfrac{5890 \times 10^{-10}}{2} \times \dfrac{1.052}{0.8 \times 10^{-3}}$

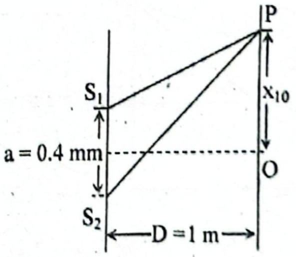
$= 1.936 \times 10^{-3}$ m $= 1.936$ mm

$\therefore$ অন্ধকার পট্টির দূরত্ব বাড়বে, $\Delta x_2 = 1.936 - 1.841 = 0.096$ mm

যেহেতু $\Delta x_1 = \Delta x_2$ তাই রিমার পরীক্ষায় কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি হতে তৃতীয় অন্ধকার পট্টির দূরত্ব প্রাথমিক অবস্থান থেকে যতটুকু কমে সীমার পরীক্ষায় ততটুকু বৃদ্ধি পায়– উক্তিটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ১৬ যশোর বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৫

চিত্রে ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষার একটি ব্যবস্থা দেখানো হলো। চিড়ে 3100 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হলে পর্দার কেন্দ্র হতে উভয় দিকে 10টি ডোরা দেখা গেল।



ক. সুসজ্জাত উৎস কী? ১

খ. রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে কী বুঝায়? ২

গ. পর্দায় 10 তম উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক সরণ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকে চিড় দুটির ব্যবধান অর্ধেক করা হলে পর্দায় ডোরার সংখ্যার কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সুসংগত উৎস হলো. এমন দুটি উৎস যেগুলো হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হয়।

খ কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধেক পরমাণু ভাঙতে যে সময় লাগে তাকে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু বলে। রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে বোঝায়, নির্দিষ্ট সংখ্যক রেডন পরমাণু ভেঙে ঠিক অর্ধেক হতে সময় লাগে 3.82 দিন।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.444°।

ঘ কেন্দ্রীয় চরম হতে 10 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $x_n = \frac{n\lambda D}{a}$

$= \frac{10 \times 3100 \times 10^{-10} \times 1}{0.4 \times 10^{-3}}$

$= 7.75 \times 10^{-3}$ m

এখানে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 3100\text{Å}$
$= 3100 \times 10^{-10}$ m
১ম ক্ষেত্রে চিড়দ্বয়ের ব্যবধান,
$a_1 = 0.4$ mm $= 0.4 \times 10^{-3}$ m
উৎস ও পর্দার মধ্যবর্তী দূরত্ব,
D = 1 m
২য় ক্ষেত্রে, চিড়দ্বয়ের ব্যবধান,
$a_2 = \frac{a_1}{2} = \frac{0.4 \times 10^{-3}}{2}$ m
$= 0.2 \times 10^{-3}$ m
ক্রম সংখ্যা, n = 10

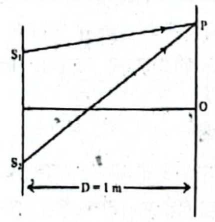
ধরি, চিড় দুটির দূরত্ব অর্ধেক করা হলে, x_n দূরত্বে n তম উজ্জ্বল ডোরা পাওয়া যাবে,

$\therefore x_n = \frac{n\lambda D}{a_2}$ বা, $n = \frac{a_2 x_n}{\lambda D} = \frac{0.2 \times 10^{-3} \times 7.75 \times 10^{-3}}{3100 \times 10^{-10} \times 1} = 5$

সুতরাং ডোরার সংখ্যা কমে যাবে (10 – 5) = 5টি।

অর্থাৎ চিড় দুটির ব্যবধান অর্ধেক করা হলে পর্দায় ডোরার সংখ্যা উভয়দিকে 5 টি কমে যাবে।

প্রশ্ন ▸ ১৭ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ▮ প্রশ্ন নং ৪



[P বিন্দুতে দশা পার্থক্য = 6π, আলোর কম্পাংক = 10^{16} Hz, S_1S_2 = 1 mm, পানির প্রতিসরাঙ্ক = 1.33 ।]

চিত্রে ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষার তথ্য দেওয়া হলো।

ক. আলোর সমবর্তন কী? ১
খ. ইয়ং-এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় ব্যতিচার ঝালরের কেন্দ্রীয় পট্টির ঔজ্জ্বল্য অন্যান্য উজ্জ্বল ডোরার চেয়ে বেশি কেন? ২
গ. O ও P বিন্দুর মধ্যকার দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পরীক্ষাটি পানিতে সম্পন্ন করলে ডোরার প্রস্থের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাই আলোর সমবর্তন।

খ ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় ব্যতিচার ঝালরের কেন্দ্রীয় পট্টির ঔজ্জ্বল্য অন্যান্য উজ্জ্বল ডোরার চেয়ে বেশি। কারণ কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টি হয় যখন আলোক উৎসদ্বয় সমদশায় মিলিত হয়। এ সময় উৎস দুটির দশা পার্থক্য 0 হয়। কিন্তু অন্যান্য উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টির সময় দশা পার্থক্য শূন্য হয় না। তাই কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরায় আলোর ঔজ্জ্বল্য বেশি হয় এবং অন্যান্য উজ্জ্বল ডোরার আলোর ঔজ্জ্বল্য তুলনামূলক কম হয়।

গ পথ পার্থক্য, Δx হলে,

$\Delta x = \frac{\lambda}{2\pi} \times \delta$

$= \frac{3 \times 10^{-8}}{2\pi} \times 6\pi$

$= 9 \times 10^{-8}$ m

ধরি,
দূরত্ব, $OP = x_n$

এখানে,
$S_1 S_2 = a = 1$ mm $= 1 \times 10^{-3}$ m
আলোর কম্পাঙ্ক, $f = 10^{16}$ Hz
D = 1 m
বাতাসে আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
ধরি, আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{10^{16}} = 3 \times 10^{-8}$m
P বিন্দুতে দশা পার্থক্য, δ = 6 π

$\therefore \Delta x = \frac{x_n a}{D}$

বা, $x_n = \frac{\Delta x \times D}{a} = \frac{9 \times 10^{-8} \times 1}{1 \times 10^{-3}} = 9 \times 10^{-5}$ m **(Ans.)**

ঘ (গ) হতে পাই,
$\lambda = 3 \times 10^{-8}$ m
বাতাসে ডোরার প্রস্থ,

$b_a = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{3 \times 10^{-8} \times 1}{2 \times 1 \times 10^{-3}}$

$= 1.5 \times 10^{-5}$ m

এখানে,
$a = 1 \times 10^{-3}$ m
D = 1 m
পানির প্রতিসরাঙ্ক,
${}_a\mu_w = 1.33$

পানিতে আলোর বেগ, c_w হলে,

${}_a\mu_w = \frac{c_a}{c_w}$

বা, $c_w = \frac{c_a}{{}_a\mu_w} = \frac{3 \times 10^8}{1.33} = 2.25 \times 10^8$ ms^{-1}

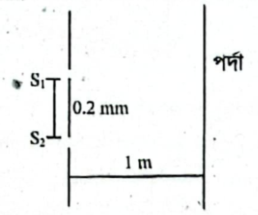
∴ তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_w = \frac{c_w}{f} = \frac{2.25 \times 10^8}{10^{16}} = 2.25 \times 10^{-8}$ m

পানিতে ডোরা প্রস্থ, $b_w = \frac{\lambda_w D}{2a} = \frac{2.25 \times 10^{-8} \times 1}{2 \times 1 \times 10^{-3}}$

$= 1.125 \times 10^{-5}$ m

∴ পরীক্ষাটি পানিতে সম্পন্ন করলে ডোরা প্রস্থের পরিবর্তন হবে,
$= (1.5 \times 10^{-5} - 1.125 \times 10^{-5})$ m
$= 0.375 \times 10^{-5}$ m হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৮ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৪, রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৪



ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 5800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যর আলো ব্যবহার করা হয়েছে। পরবর্তীতে দ্বি-চিরটি 0.2 mm প্রস্থের একক চির দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হলো।

ক. সত্যক সারণি কী? ১
খ. সূর্য থেকে আগত আলোর তরঙ্গমুখের প্রকৃতি কিরূপ হবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ব্যতিচার ঝালরের প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উভয়ক্ষেত্রে একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর জন্য ১ম চরমের কৌণিক বিস্তার অভিন্ন হবে কিনা– গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বুলিয়ান স্বাধীন চলকগুলোর মানের সম্ভাব্য সব বিন্যাসের জন্য ফাংশনের যে মান হয় তা টেবিল আকারে দেখানো যায়। এরূপ টেবিলই হলো ঐ ফাংশনের সত্যক সারণি।

খ ১(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.45×10^{-3} m।

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় ১ম চরমের কৌণিক ব্যবধান θ_1 হলে,

আমরা জানি,
$a\sin\theta_1 = n\lambda$
বা, $\sin\theta_1 = \frac{n\lambda}{a}$

এখানে,
১ম চরমের জন্য, n = 1
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5800$ Å
$= 5800 \times 10^{-10}$ m

বা, $\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{a}\right)$

$= \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 5800 \times 10^{-10}}{0.2 \times 10^{-3}}\right)$

$= 0.166°$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.2\ mm = 0.2 \times 10^{-3}\ m$

$\therefore$ ১ম চরমের কৌণিক বিস্তার, $\theta = 2\theta_1 = 2 \times 0.166° = 0.332°$

২য় ক্ষেত্রে, দ্বি-চিরটি একক চির দ্বারা প্রতিস্থাপন করায় এটি একক চিরে দরুণ অপবর্তন। এক্ষেত্রে ১ম চরমের অপবর্তন কোণ θ_1' হলে,

$a\sin\theta_1' = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$

বা, $\sin\theta_1' = (2n + 1)\frac{\lambda}{2a}$

বা, $\theta_1' = \sin^{-1}\left\{\frac{(2n + 1)\lambda}{2a}\right\}$

$= \sin^{-1}\left\{\frac{3 \times 5800 \times 10^{-10}}{2 \times 0.2 \times 10^{-3}}\right\}$

$= 0.249°$

এখানে,
১ম চরমের জন্য, $n = 1$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5800\ Å = 5800 \times 10^{-10}\ m$
চিরে প্রস্থ,
$a = 0.2\ mm = 0.2 \times 10^{-3}\ m$

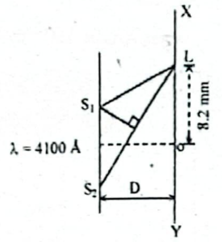
$\therefore$ এক্ষেত্রে, ১ম চরমের কৌণিক বিস্তার, $\theta' = 2\theta_1' = (2 \times 0.249)°$
$= 0.498°$

দেখা যাচ্ছে, $\theta \neq \theta'$

সুতরাং বলা যায়, উভয়ক্ষেত্রে একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর জন্য ১ম চরমের কৌণিক বিস্তার অভিন্ন হবে না।

প্রশ্ন ▶১৯ মময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৪

$S_1S_2 = 0.3\ mm$
$D = 1\ m$
$OL = 8.2\ mm$



ক. হাইগেনের নীতি বিবৃত করো। ১

খ. কাচের সমবর্তন কোণ 57° বলতে কী বোঝায়? ২

গ. L বিন্দুতে কততম গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে? ৩

ঘ. চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব এক-তৃতীয়াংশে হ্রাস করা হলে, একটি অন্ধকার ডোরার বেধের কোনোরূপ পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তরঙ্গামুখের উপরিস্থিত সকল বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হয়, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গামুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।

খ কোনো প্রতিফলক মাধ্যমে আপতন কোণের যে মানের জন্য সমবর্তন সর্বোচ্চ হয় সেই আপতন কোণকে সমবর্তন কোণ বলে। কাচের সমবর্তন কোণ 57° বলতে বোঝায়, আলোক রশ্মি কাচে 57° কোণে আপতিত হলে প্রতিফলিত রশ্মি সর্বোচ্চ পরিমাণ সমবর্তীত হবে।

গ আমরা জানি,

$x = n \times \frac{\lambda D}{a}$

বা, $n = \frac{ax}{\lambda D}$

$= \frac{0.3 \times 10^{-3} \times 8.2 \times 10^{-3}}{4100 \times 10^{-10} \times 1}$

$= 6$

এখানে, কেন্দ্রীয় চরম হতে n তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,
$x = 8.2\ mm = 8.2 \times 10^{-3}\ m$
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 4100\ Å$
$= 4100 \times 10^{-10}\ m$
পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$
চিরের ব্যবধান, $a = 0.3\ mm$
$= 0.3 \times 10^{-3}\ m$

$\therefore$ L বিন্দুতে ষষ্ঠ গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে।

ঘ আমরা জানি, ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় ডোরা বেধ বা প্রস্থ $x = \frac{\lambda D}{2a}$

১ম ক্ষেত্রে, অন্ধকার ডোরার বেধ x_1 হলে,

$x_1 = \frac{\lambda D}{2a_1}$

$= \frac{4100 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 0.3 \times 10^{-3}}$

$= 6.833 \times 10^{-4}\ m$

$= 0.6833\ mm$

এখানে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 4100 Å = 4100 \times 10^{-10}\ m$
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1\ m$
চিরদ্বয়ের দূরত্ব,
$a_1 = S_1S_2 = 0.3\ mm = 0.3 \times 10^{-3}\ m$
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব এক-তৃতীয়াংশে হ্রাস করা হলে পরিবর্তিত দূরত্ব, $a_2 = \frac{a_1}{3} = \frac{0.3\ mm}{3}$
$= 0.1\ mm = 0.1 \times 10^{-3}\ m$

২য় ক্ষেত্রে, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব হ্রাস করায় অন্ধকার ডোরার বেধ x_2 হলে,

$x_2 = \frac{\lambda D}{2a_2} = \frac{4100 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 0.1 \times 10^{-3}} = 2.05 \times 10^{-3}\ m = 2.05\ mm$

দেখা যাচ্ছে, $x_2 > x_1$ এবং $\frac{x_2}{x_1} = \frac{2.05}{0.6833} = 3$

সুতরাং, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব এক-তৃতীয়াংশে হ্রাস করা হলে, অন্ধকার ডোরার বেধ বৃদ্ধি পাবে এবং তা পূর্বের 3 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶২০ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 600 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হলো এবং বায়ুতে ডোরার প্রস্থ 2 mm পাওয়া গেল। পরবর্তীতে 500 nm এবং 400 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দিয়ে ডোরার অবস্থান পর্যবেক্ষণ করা হলো।

ক. অপবর্তন কোণ কী? ১

খ. সমবর্তিত আলোকে ঘূর্ণায়মান সমবর্তক দিয়ে পর্যবেক্ষণ করা হলে আলোর তীব্রতার হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে ১ম আলোক উৎসের ক্ষেত্রে পরীক্ষণটি 1.42 প্রতিসরাঙ্কের তরলে ডুবিয়ে করা হলে ডোরার প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে আলোক উৎসের পরিবর্তনের সাথে সাথে পর্দার একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে উজ্জ্বল ডোরার ক্রম সংখ্যা বাড়বে না কমবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক উৎস থেকে নির্গত সমান্তরাল আলোকরশ্মি ও অপবর্তনের জন্য বেঁকে যাওয়া আলোকরশ্মির গতিপথের মধ্যবর্তী কোণ হলো অপবর্তন কোণ।

খ টুরমালিন কেলাস হলো এক ধরনের সমবর্তক। আমরা জানি, কোনো সমবর্তকের মধ্য দিয়ে সমবর্তিত আলো অতিক্রম করলে নির্গত আলোর তীব্রতা $I \propto \cos^2\theta$ সম্পর্ক অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়, যেখানে θ = সমবর্তিত আলোর তল ও সমবর্তকের সমবর্তন অক্ষের মধ্যবর্তী কোণ। যেহেতু টুরমালিন কেলাসটি ঘুরালে টুরমালিনের সমবর্তন অক্ষ এবং আলোর তলের মধ্যবর্তী কোণ পরিবর্তিত হতে থাকে। তাই আলোর তীব্রতা পরিবর্তিত হতে থাকে।

গ ১ম আলোক উৎসের ক্ষেত্রে, তরলে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_w হলে,

${}_a\mu_w = \frac{\lambda_a}{\lambda_w}$

বা, $\lambda_w = \frac{\lambda_a}{{}_a\mu_w}$

$= \frac{600}{1.42}$

$= 422.535\ nm$

এখানে,
বায়ুর সাপেক্ষে তরলের প্রতিসরাঙ্ক,
${}_a\mu_w = 1.42$
বায়ুতে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_a = 600\ nm$

আমরা জানি, ডোরা প্রস্থ $x = \frac{\lambda D}{2a}$, D ও a ধ্রুবক হলে,

$x \propto \lambda$

বা, $\frac{x_w}{x_a} = \frac{\lambda_w}{\lambda_a}$

বা, $x_w = \frac{\lambda_w}{\lambda_a} \times x_a$

$= \frac{422.535}{600} \times 2$

$= 1.41$ mm (Ans.)

এখানে,
পানিতে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
$\lambda_w = 422.535$ nm
বায়ুতে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
$\lambda_a = 600$ nm
বায়ুতে ডোরা প্রস্থ, $x_a = 2$ mm
তরলে ডোরা প্রস্থ $x_w = ?$

ঘ আমরা জানি, ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় কেন্দ্রীয় চরম থেকে n তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $x_n = \frac{n\lambda D}{a}$ বা, $x_n a = n\lambda D$ বা, $n = \frac{x_n a}{\lambda D}$

পর্দার নির্দিষ্ট অবস্থানের জন্য x_n ধ্রুবক হয়, আবার a ও D ধ্রুবক হলে, $n \propto \frac{1}{\lambda}$ হবে।

অর্থাৎ, উজ্জ্বল ডোরার ক্রম সংখ্যা আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ, তরঙ্গদৈর্ঘ্য যত কম হবে, পর্দার একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে উজ্জ্বল ডোরার ক্রম সংখ্যা তত বাড়বে।

যেহেতু, $\lambda_3 < \lambda_2 < \lambda_1$

তাই $n_3 > n_2 > n_1$ [যেখানে, n_1, n_2 ও n_3 হলো যথাক্রমে λ_1, λ_2 ও λ_3 তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জন্য উজ্জ্বল ডোরার ক্রম সংখ্যা]

এখানে,
$\lambda_1 = 600$ nm
$\lambda_2 = 500$ nm
$\lambda_3 = 400$ nm

তাই বলা যায়, উদ্দীপকে আলোক উৎসের পরিবর্তনের সাথে সাথে পর্দার একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে উজ্জ্বল ডোরার ক্রম সংখ্যা বাড়বে।

প্রশ্ন ▶ ২১ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ৷ প্রশ্ন নং ৪

পরীক্ষাগারে একটি ফ্রনহফার শ্রেণির একক চিরের দরুন অপবর্তন পরীক্ষায় 5890 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হলো। দ্বিতীয় ক্রমের চরমের জন্য অপবর্তন কোণ 10° পাওয়া গেল এবং দশম অবম বিন্দুটি পাওয়ার চেষ্টা করা হলো।

ক. এক কুলম্ব কী? ১
খ. দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 6V বলতে কী বুঝায়? ২
গ. চিরের বেধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পরীক্ষণে দশম অবম বিন্দুটি পাওয়ার চেষ্টা সফল হয়েছিল কি? গাণিতিক যুক্তিসহ তোমার মতামত দাও। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমমানের চার্জ শূন্য মাধ্যমে 1 মিটার দূরে অবস্থান করে পরস্পরের ওপর 9×10^9 N বল প্রয়োগ করলে ঐ চার্জ দুটির প্রত্যেকটির পরিমাণ হলো এক কুলম্ব।

খ তড়িৎ ক্ষেত্রের যেকোনো দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 6 V বলতে বুঝায় এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক চার্জকে স্থানান্তর করতে 6 J কাজ করতে হয়।

গ আমরা জানি, ফ্রনহফার শ্রেণির একক চিরের দরুণ অপবর্তনের জন্য চরম বিন্দুর ক্ষেত্রে,

$a\sin\theta = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$

বা, $a = \frac{1}{\sin\theta} \times (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$

$= \frac{1}{\sin 10^\circ}(2 \times 2 + 1) \times \frac{5890 \times 10^{-10}}{2}$

$= \frac{5 \times 5890 \times 10^{-10}}{2 \sin 10^\circ}$

$= 8.48 \times 10^{-6}$ m (Ans.)

এখানে,
দ্বিতীয় ক্রমের জন্য, $n = 2$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5890$ Å
$= 5890 \times 10^{-10}$ m
অপবর্তন কোণ, $\theta = 10^\circ$
চিরের বেধ, $a = ?$

ঘ আমরা জানি, ফ্রনহফার শ্রেণির একক চিরের দরুণ অপবর্তনের জন্য, অবম বিন্দুর ক্ষেত্রে,

$a\sin\theta_n = n\lambda$ বা, $n = \frac{a\sin\theta_n}{\lambda}$

$= \frac{8.48 \times 10^{-6} \times 1}{5890 \times 10^{-10}}$

$= 14.4 \approx 14$ [∵ n এর মান পূর্ণ সংখ্যা]

অর্থাৎ, এখানে সর্বোচ্চ 14টি অবম পাওয়া সম্ভব।

এখানে,
'গ' থেকে পাই,
চিরের বেধ, $a = 8.48 \times 10^{-6}$ m
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5890$ Å $= 5890 \times 10^{-10}$ m
সর্বোচ্চ অবম বিন্দু পাওয়ার ক্ষেত্রে
$\sin\theta_n = 1$ [∵ $\theta_n = 90^\circ$]
সর্বোচ্চ ক্রম, $n = ?$

যেহেতু, $n > 10$

তাই উদ্দীপকের পরীক্ষণে, দশম অবম বিন্দুটি পাওয়ার চেষ্টা সফল হয়েছিল।

প্রশ্ন ▶ ২২ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ৷ প্রশ্ন নং ৩

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় চির দুটির ব্যবধান 0.3 mm এবং পর্দার দূরত্ব 160 cm। নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো চিরের উপর ফেলা হলে পর্দার কেন্দ্র হতে উভয় পার্শ্বে 12টি উজ্জ্বল ডোরা দেখা যায়।

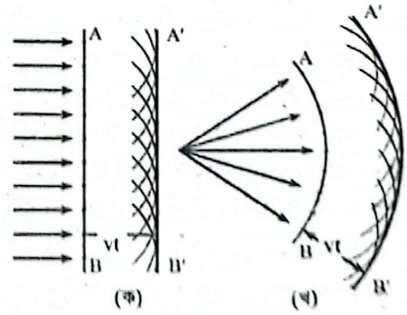
ক. তেজস্ক্রিয়তা কাকে বলে? ১
খ. হাইগেনের নীতি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. চিরের ব্যবধান অর্ধেক করা হলে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ঘটনাকে তেজস্ক্রিয়তা বলে।

খ একটি তরঙ্গমুখের উপরস্থ সকল বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ (Secondary Wave) উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গামুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।

ধরা যাক, AB একটি সমতল অথবা গোলীয় তরঙ্গামুখ যা বাম থেকে ডান দিকে অগ্রসর হচ্ছে। হাইগেনের নীতি অনুসারে এর উপরস্থ সব বিন্দু গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে ক্রিয়া করবে অর্থাৎ প্রতিটি বিন্দু থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হবে। তরঙ্গের দ্রুতি v হলে প্রতিটি বিন্দু থেকে উৎপন্ন গৌণ তরঙ্গের তরঙ্গামুখ t সময়ে সামনের দিকে vt দূরত্ব অতিক্রম করবে। এখন vt ব্যাসার্ধ নিয়ে AB এর উপরস্থ প্রতিটি বিন্দুকে কেন্দ্র করে একটি করে বৃত্তচাপ অঙ্কন করা হলে বৃত্তচাপগুলো t সময় পর গৌণ তরঙ্গাগুলোর তরঙ্গামুখ নির্দেশ করবে। এ বৃত্তচাপগুলোর সাধারণ স্পর্শক A'B' হবে ঐ সময় তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।



গ আমরা জানি, ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় উজ্জ্বল ডোরার ক্ষেত্রে,

$a\sin\theta = n\lambda$

বা, $\lambda = \frac{a\sin\theta}{n}$

$= \frac{0.3 \times 10^{-3} \times 1}{12}$

$= 2.5 \times 10^{-5}$ m (Ans.)

এখানে,
কেন্দ্রীয় চরম থেকে উভয়পার্শ্বে 12টি উজ্জ্বল ডোরা দেখা যায় বলে যেকোন একপাশে সর্বোচ্চ উজ্জ্বল ডোরা সংখ্যা, $n = 12$
চিরদুটির ব্যবধান,
$a = 0.3$ mm $= 0.3 \times 10^{-3}$ m
সর্বোচ্চ ডোরা সংখ্যার জন্য,
$\sin\theta = 1$ [∵ $\theta = 90^\circ$]
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, পূর্বের তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = 2.5 \times 10^{-5}$ m
চিরের ব্যবধান অর্ধেক করা হলে নতুন চিরের ব্যবধান,

$$a_1 = \frac{0.3\text{ mm}}{2} = 0.15\text{ mm} = 0.15 \times 10^{-3}\text{ m}$$

পরীক্ষণের বাকি ব্যবস্থা অপরিবর্তিত থাকলে অর্থাৎ পর্দার কেন্দ্র থেকে উভয় পার্শ্বে 12টি উজ্জ্বল ডোরা দেখা গেলে সর্বোচ্চ উজ্জ্বল ডোরা সংখ্যা $n = 12$। সর্বোচ্চ ডোরা সংখ্যার জন্য, $\sin\theta = 1$ [$\because \theta = 90°$]

পরিবর্তিত তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = ?$

আমরা জানি, $a_1\sin\theta = n\lambda_1$

বা, $\lambda_1 = \frac{a_1\sin\theta}{n} = \frac{0.15 \times 10^{-3} \times 1}{12}$

$\therefore \lambda_1 = 1.25 \times 10^{-5}$ m

দেখা যাচ্ছে, $\lambda_1 < \lambda$ এবং $\frac{\lambda_1}{\lambda} = \frac{1.25 \times 10^{-5}}{2.5 \times 10^{-5}} = \frac{1}{2}$

$\therefore \lambda_1 = \frac{\lambda}{2}$

সুতরাং, একই সংখ্যক উজ্জ্বল ডোরা পাওয়ার জন্য চিরের ব্যবধান অর্ধেক করা হলে তরঙ্গদৈর্ঘ্য কমে যাবে এবং তা পূর্বের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অর্ধেক হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৩ সিলেট বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

একদল শিক্ষার্থী পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষাটি সম্পন্ন করার জন্য চিড় দু'টির মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 mm এবং চির থেকে পর্দাটিকে 1 m দূরে স্থাপন করলো। পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ছিল 5900 Å এবং চির দুটি থেকে নিঃসৃত আলোর তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য পেল 1.5×10^{-6} m।

ক. হাইগেনের নীতি লেখো। ১
খ. ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় ব্যবহৃত দুটি চিড়ের একটি বন্ধ করে দিলে পর্দায় ডোরার কীরূপ পরিবর্তন দেখা যাবে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে পর্দায় সৃষ্ট ডোরার ব্যবধান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. শিক্ষার্থীদের ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় পর্দায় কোন ধরনের ব্যতিচার সৃষ্টি হয়েছিল? তার গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত সকল বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে যা থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

খ ইয়ং-এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় ব্যবহৃত দুটি চিড়ের একটি বন্ধ করে দিলে তখন ব্যতিচারের বদলে অপবর্তন সৃষ্টি হবে। এটি হবে একক চিড়ের দরুন অপর্তন। ব্যতিচারের ক্ষেত্রে যদিও উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান ছিল, কিন্তু অপবর্তনে উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হবে না। কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরাটি সবচেয়ে পুরু হবে।

গ ১ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.95×10^{-4} m

ঘ ১ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\delta = 5\pi$, π এর বিজোড় গুণিতক হওয়ায় ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার।

প্রশ্ন ▸ ২৪ যশোর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 2.5 mm। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5840Å চিরের মধ্যবর্তী অঞ্চলে আপতিত করার ফলে পর্দার উপর পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার পট্টির সৃষ্টি হয়। কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি হতে প্রথম উজ্জ্বল পট্টির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4672 mm।

ক. সূচন কম্পাংক কাকে বলে? ১
খ. নিউক্লিয়ার ফিশান ও ফিউশান বিক্রিয়ার কোনটি অধিক নিরাপদ— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের আলোকে চির থেকে পর্দার দূরত্ব কত পাওয়া যাবে? ৩
ঘ. কেন্দ্রীয় চরম থেকে 5.1392 mm দূরত্বে উজ্জ্বল ডোরার সৃ হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে ক কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত কর পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ ফিশান অপেক্ষা ফিউশান বিক্রিয়ায় অনেক বেশি নিউট্রি নির্গত হলেও ফিশান অপেক্ষা ফিউশান নিরাপদ। কারণ ফিশান এ শৃঙ্খল বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়া একবার শুরু হলে একে দমন করা যায় বিভিন্ন পারমানবিক চুল্লিতে ক্যাডমিয়াম ধাতু ব্যবহার করা হয় ফিশ প্রক্রিয়ায় সাহায্যকারী নিউট্রন শোষন করে বিক্রিয়ার গতি কমানো জন্য। অন্যদিকে ফিউশান ঘটে অতি উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাস প্লাজম তাই ফিশান অপেক্ষা ফিউশান বিক্রিয়া অধিক নিরাপদ।

গ আমরা জানি,
কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি থেকে n তম উজ্জ্বল পট্টির দূরত্ব

$x_n = \frac{n\lambda D}{a}$

$n = 1$ হলে, $x_1 = \frac{1 \times \lambda D}{a}$

বা, $D = \frac{x_1 a}{\lambda}$

বা, $D = \frac{0.4672 \times 10^{-3} \times 2.5 \times 10^{-3}}{5840 \times 10^{-10}}$

$= 2$ m

এখানে,
চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব
$a = 2.5$ mm
$= 2.5 \times 10^{-3}$ m
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5840$ Å
$= 5840 \times 10^{-10}$ m
কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি থেকে ১ম উজ্জ্বল পট্টির দূরত্ব,
$x_1 = 0.4672$ mm
$= 0.4672 \times 10^{-3}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = ?$

$\therefore$ উদ্দীপকের আলোকে চির হতে পর্দার দূরত্ব 2 m পাওয়া যাবে। **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$x = n \times \frac{\lambda D}{a}$

বা, $n = \frac{ax}{\lambda D}$

$= \frac{2.5 \times 10^{-3} \times 5.1392 \times 10^{-3}}{5840 \times 10^{-10} \times 2}$

$= 11$

এখানে,
কেন্দ্রীয় চরম হতে n তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,
$x = 5.1392\text{ mm} = 5.1392 \times 10^{-3}$ m
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 5840$ Å
$= 5840 \times 10^{-10}$ m
পর্দার দূরত্ব, $D = 2$ m ('গ' হতে)
চিরের ব্যবধান, $a = 2.5$ mm
$= 2.5 \times 10^{-3}$ m

সুতরাং, কেন্দ্রীয় চরম থেকে 5.1392 mm দূরত্বে 11 তম উজ্জ্বল ডোরার সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৫ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮

রিয়া এবং রিপা দুটি অপবর্তন গ্রেটিং নিয়ে পরীক্ষা করছিল। রিয়ার গ্রেটিং এ প্রতি সেন্টিমিটারে দাগসংখ্যা 6000। এর ভিতরে কমলা রঙের আলো ফেলা হলো। অপরদিকে রিপার গ্রেটিং-এর গ্রেটিং ধ্রুবক 1.6×10^{-6}m। সে সবুজ আলো নিয়ে পরীক্ষা করছিল। রিয়া বললো প্রথম উজ্জ্বল রেখার জন্য অপবর্তন কোণ আমার ক্ষেত্রে বেশি হবে। রিপা বললো, দেখা যাক।

আলোর বর্ণ	তরঙ্গদৈর্ঘ্য (Å)
কমলা	6000
সবুজ	5000
বেগুনী	4000

ক. তরঙ্গের ব্যতিচার কাকে বলে? ১
খ. আলোক বছর আসলে সময় নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বেগুনী আলোর ক্ষেত্রে একটি ফোটনের শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. রিয়ার উক্তি যথার্থ কিনা— হিসাব করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুইটি তরঙ্গ একই দিকে চলতে লে এদের উপরিপাতনের ফলে কখনো তীব্রতা খুব বেড়ে যায় অথবা নো তীব্রতা কমে যায় বা একেবারে শূন্য হয়ে যায়। এ ঘটনাকে ার ব্যতিচার বলে।

আলোক বছর আসলে সময় নয়, এটি দূরত্বের একক। এক বছরে কেরশ্মি যে দূরত্ব অতিক্রম করে, তাকে আলোক বছর বলে। 1 ক বছর = আলোর বেগ × 1 বছরে সেকেন্ড এককে সময়

$\times 10^{8}\ \text{ms}^{-1} \times (365 \times 24 \times 60 \times 60)$ s

9.46×10^{15} m = 9.46×10^{12} km। এটি দূরত্ব পরিমাপের একক ং বিভিন্ন নক্ষত্রের অবস্থান ও দূরত্ব প্রকাশের জন্য এই একক বহার করা হয়। এজন্য বলা যায় যে, আলোক বছর আসলে সময় নয়, টি দূরত্ব নির্দেশ করে।

৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.11 eV।

রিয়ার ক্ষেত্রে,

গ্রেটিং ধ্রুবক,

$$d = \frac{1}{\text{একক দৈর্ঘ্যে দাগসংখ্যা}}$$

$$= \frac{1\ \text{cm}}{6000} = \frac{1 \times 10^{-2}\ \text{m}}{6000}$$

এখানে,

ক্রমসংখ্যা, $n = 1$

কমলা আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 6000\ \text{Å} = 6000 \times 10^{-10}$ m

অপবর্তন কোণ, $\theta_1 = ?$

একক দৈর্ঘ্যে দাগ সংখ্যা = 6000

মরা জানি,

$$d \sin\theta_1 = n\lambda$$

$$\text{বা,}\ \sin\theta_1 = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1 \times 6000 \times 10^{-10}}{\frac{1 \times 10^{-2}}{6000}}$$

$$\text{বা,}\ \sin\theta_1 = 0.36$$

$$\therefore \theta_1 = 21.1°$$

ীপার ক্ষেত্রে,

মরা জানি,

$$d \sin\theta_2 = n\lambda$$

$$\text{বা,}\ \sin\theta_2 = \frac{n\lambda}{d}$$

$$\text{বা,}\ \sin\theta_2 = \frac{1 \times 5000 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-6}}$$

$$\text{বা,}\ \sin\theta_2 = 0.3125$$

$$\therefore \theta_2 = 18.21°\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,

সবুজ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 5000\ \text{Å} = 5000 \times 10^{-10}$ m

চরমের ক্রম, n = 1

∴ গ্রেটিং ধ্রুবক,

$d = 1.6 \times 10^{-6}$ m

অপবর্তন কোণ, $\theta_2 = ?$

খা যাচ্ছে $\theta_1 > \theta_2$, অর্থাৎ, রিয়ার ক্ষেত্রে প্রথম উজ্জ্বল রেখার জন্য পবর্তন কোণ বেশি হবে। তাই বলা যায় যে, রিয়ার উক্তি যথার্থ।

২৬ ঢাকা বোর্ড ২০২১ ‖ প্রশ্ন নং ৩

্যাবরেটরিতে বায়ু মাধ্যমে রওনক সাহেব ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় চির চির ব্যবধান 0.66 cm এবং চির হতে পর্দার দূরত্ব 166 cm নিয়ে কাজ রল। কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি হতে 16 তম উজ্জ্বল পট্টির দূরত্ব পেল 0.16 m। রওনক সাহেব পরীক্ষাটি আবার 1.66 প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট মাধ্যমে ম্পন্ন করলেন।

ক. শান্ট কী? ১

খ. ডোপিংকৃত অর্ধপরিবাহক তড়িৎ নিরপেক্ষ কিনা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উল্লিখিত পরীক্ষাটি বায়ু মাধ্যমে না করে এবং উদ্দীপকে উল্লিখিত অন্য মাধ্যমে করা হলে ডোরার প্রস্থের কী পরিবর্তন হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

অধিক প্রবাহ গিয়ে যাতে গ্যালভানোমিটারের কোনো ক্ষতি করতে পারে সেজন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সংযোগে যে স্বল্প নের রোধ সংযুক্ত করা হয় তা-ই শান্ট।

খ ডোপিংকৃত অর্ধপরিবাহক তড়িৎ নিরপেক্ষ। একটি বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী সিলিকন বা জার্মেনিয়ামের সাথে p-টাইপ ডোপিং-এর সময় অ্যালুমিনিয়াম বা গ্যালিয়াম এবং n-টাইপ ডোপিং-এর সময় ফসফরাস বা আর্সেনিক যুক্ত করা হয়। ডোপিংকৃত অর্ধপরিবাহীমুক্ত ইলেকট্রন বা হোল সৃষ্টি হয়। কিন্তু ইলেকট্রনের আদান প্রদান না ঘটায় ঐ যোগে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা এবং প্রোটনসংখ্যা সমান থাকে। ফলে ডোপিংকৃত অর্ধপরিবাহক তড়িৎ নিরপেক্ষ হয়।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3976 Å।

ঘ আমরা জানি,

$$\mu_n = \frac{\lambda_a}{\lambda_n}$$

$$\text{বা,}\ \lambda_n = \frac{\lambda_a}{\mu_n}$$

$$\text{বা,}\ \lambda_n = \frac{397.6 \times 10^{-9}}{1.66}$$

$$\therefore \lambda_n = 2.4 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

বায়ু মাধ্যমে ডোরার প্রস্থ,

$$b_a = \frac{\lambda_a D}{2a}$$

$$\text{বা,}\ b_a = \frac{397.6 \times 10^{-9} \times 1.66}{2 \times 0.0066}$$

$$\therefore b_a = 5 \times 10^{-5}\ \text{m}$$

নতুন মাধ্যমে ডোরার প্রস্থ,

$$b_n = \frac{\lambda_n D}{2a}$$

এখানে,

নতুন মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক,

$\mu_n = 1.66$

'গ' হতে প্রাপ্ত বায়ুতে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_a = 397.6 \times 10^{-9}$ m

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

a = 0.66 cm

= 0.0066 m

চির হতে পর্দার দূরত্ব,

D = 166 cm = 1.66 m

নতুন মাধ্যমে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda_n = ?$

বায়ু মাধ্যমে ডোরার প্রস্থ, $b_a = ?$

নতুন মাধ্যমে ডোরার প্রস্থ, $b_n = ?$

$$\text{বা,}\ b_n = \frac{2.4 \times 10^{-7} \times 1.66}{2 \times 0.0066}$$

$$\therefore b_n = 3.0182 \times 10^{-5}\ \text{m} < b_a$$

অতএব, উল্লিখিত পরীক্ষাটি বায়ু মাধ্যমে না করে উদ্দীপকে উল্লিখিত মাধ্যমে করলে ডোরার প্রস্থ হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▸ ২৭ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ‖ প্রশ্ন নং ৫

বায়ুতে ইয়ং-এর একটি দ্বি-চির পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 5200 Å, পর্দার দূরত্ব 90 cm এবং চিরের ব্যবধান 0.4 mm। এরপর পরীক্ষণটি গ্লিসারিন ও কেরোসিন মাধ্যমে সম্পন্ন করা হয়। গ্লিসারিন ও কেরোসিনের প্রতিসরণাঙ্ক যথাক্রমে 1.47 এবং 1.44।

ক. আলোক বর্ষ কী? ১

খ. স্থির পানিতে ঢিল ছুড়লে তরঙ্গমুখ পাওয়া যাবে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের পরীক্ষণটি হতে 7th অন্ধকার ডোরার দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গ্লিসারিন ও কেরোসিনে ডোরার প্রস্থ সমান পাওয়া যাবে কি? গাণিতিক মতামত দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক বছর সময়কালে আলো শূন্যস্থানে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাই এক আলোক বর্ষ।

খ স্থির পানিতে ঢিল ছুড়লে তরঙ্গমুখ পাওয়া যাবে। যেকোনো সময়ে সমসত্ত্ব মাধ্যমে তরঙ্গস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর সঞ্চার পথকে তরঙ্গমুখ বলে। স্থির পানিতে ঢিল ছুড়লে পানির অণুর কম্পনের সৃষ্ট আড় তরঙ্গ চারদিকে ছড়িয়ে পড়বে। সৃষ্ট তরঙ্গের বেগ v হলে t সেকেন্ড সময়ে উক্ত তরঙ্গ উৎপত্তিস্থল হতে চারদিকে vt দূরত্ব অতিক্রম করবে। উৎস হতে vt ব্যাসার্ধ নিয়ে একটি বৃত্ত কল্পনা করলে উক্ত বৃত্তের উপরিস্থিত প্রতিটি বিন্দুর দশা একই হবে। সুতরাং কল্পিত বৃত্তাকার তলটিই ঐ মুহূর্তে পানিতে সৃষ্ট তরঙ্গের তরঙ্গমুখ।

গ আমরা জানি,

অন্ধকার ডোরার জন্য,

$$x_n = \frac{(2n-1)\lambda D}{2a}$$

বা, $$X_n = \frac{(2\times7-1)\times5200\times10^{-10}\times0.9}{2\times0.0004}$$

$\therefore x_n = 7.605\times10^{-3}$ m **(Ans.)**

এখানে,

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 5200$ Å

$= 5200\times10^{-10}$ m

চির হতে পর্দার দূরত্ব,

$D = 90$ cm $= 0.9$ m

চিরের ব্যবধান,

$a = 0.4$ mm $= 0.0004$ m

অন্ধকার জোড়ার ক্রম, $n = 7$

7th অন্ধকার ডোরার দূরত্ব,

$x_n = ?$

ঘ গ্লিসারিনের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$$\mu_g = \frac{\lambda_a}{\lambda_g}$$

বা, $$\lambda_g = \frac{\lambda_a}{\mu_g}$$

বা, $$\lambda_g = \frac{5200\times10^{-10}}{1.47}$$

$\therefore \lambda_g = 3.54\times10^{-10}$ m

$\therefore$ গ্লিসারিনে ডোরা প্রস্থ,

$$b_g = \frac{\lambda D}{2a}$$

বা, $$b_g = \frac{3.54\times10^{-7}\times0.9}{2\times0.0004}$$

$\therefore b_g = 3.9825\times10^{-4}$ m

কেরোসিনের ক্ষেত্রে:

আবার, $$\mu_k = \frac{\lambda_a}{\lambda_k}$$

বা, $$\lambda_k = \frac{\lambda_a}{\mu_k} = \frac{5200\times10^{-10}}{1.44}$$

$\therefore \lambda_k = 3.61\times10^{-7}$ m

$\therefore$ কেরোসিনে ডোরা প্রস্থ,

$$b_k = \frac{\lambda_k D}{2a} = \frac{3.61\times10^{-7}\times0.9}{2\times0.0004}$$

$\therefore b_k = 4.06125\times10^{-4}$ m $> b_g$

যেহেতু $b_k > b_g$, সেহেতু গ্লিসারিন ও কেরোসিনে ডোরার প্রস্থ সমান পাওয়া যাবে না। কেরোসিনে ডোরার প্রস্থ গ্লিসারিনের তুলনায় বড় হবে।

এখানে,

বায়ু মাধ্যমে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,

$\lambda_a = 5200$ Å

$= 5200\times10^{-10}$ m

চিরের ব্যবধান,

$a = 0.4$ mm $= 0.0004$ m

চির হতে পর্দার দূরত্ব,

$D = 90$ cm $= 0.9$ m

গ্লিসারিনের প্রতিসরণাঙ্ক,

$\mu_g = 1.47$

কেরোসিনের প্রতিসরাঙ্ক,

$\mu_k = 1.44$

কেরোসিনে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda_k = ?$

গ্লিসারিনে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_g = ?$

গ্লিসারিনে ডোরার প্রস্থ, $b_g = ?$

কেরোসিনে ডোরার প্রস্থ, $b_k = ?$

প্রশ্ন ▸ ২৮ রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৪, দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৬

জারা পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে ইয়ং-এর দ্বিচির পরীক্ষার 0.2 cm ব্যবধানে অবস্থিত দুটি চিরে আলো ফেললো। চির থেকে 100 cm দূরে পর্দায় ডোরার প্রস্থ 0.03 cm পেলো। ডোরার প্রস্থ বৃদ্ধি করার জন্য জারা চিরের ব্যবধান কমিয়ে 0.15 cm এবং পর্দার দূরত্ব বাড়িয়ে 150 cm করলো।

ক. পয়েন্টিং ভেক্টর কী? ১

খ. গৌণ তরঙ্গ কীভাবে সৃষ্টি হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ডোরার প্রস্থ বৃদ্ধি করার জন্য জারা যে কাজটি করেছে তা যথার্থ কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মন্তব্য করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে লম্বভাবে স্থাপিত তলের একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে অতিক্রান্ত শক্তিই হলো পয়েন্টিং ভেক্টর।

খ কোনো উৎস হতে সৃষ্ট তরঙ্গ মাধ্যমে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। কোনো নির্দিষ্ট সময়ে উৎস হতে সমান দূরত্বে অবস্থিত তরঙ্গের উপরিস্থিত কণাগুলোর দশা একই হয়। একই দশা সম্পন্ন কণাগুলো নিয়ে কল্পিত তলই উক্ত তরঙ্গের তরঙ্গমুখ। তরঙ্গমুখের উপর অবস্থিত প্রতিটি বিন্দুর কম্পন বা আন্দোলন এক একটি উৎস হিসেবে বিবেচিত হয়। এই উৎসগুলোকে গৌণ তরঙ্গ উৎস বলে। গৌণ উৎসগুলো থেকে সৃষ্ট তরঙ্গমালা মূলতরঙ্গের সমান বেগে অগ্রসর হয়। এভাবে তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত বিন্দু হতে গৌণ তরঙ্গ সৃষ্টি হয়।

গ আমরা জানি,

ডোরার প্রস্থ,

$$b = \frac{\lambda D}{2a}$$

বা, $$\lambda = \frac{2ab}{D}$$

বা, $$\lambda = \frac{2\times0.002\times0.0003}{1}$$

$\therefore \lambda = 1.2\times10^{-6}$ m

আবার, $$f = \frac{c}{\lambda}$$

বা, $$f = \frac{3\times10^8}{1.2\times10^{-6}}$$

$\therefore f = 2.5\times10^{14}$ Hz **(Ans.)**

এখানে,

চিড়ের ব্যাবধান,

$a = 0.2$ cm $= 0.002$ m

চির থেকে পর্দার দূরত্ব,

$D = 100$ cm $= 1$ m

ডোরার প্রস্থ,

$b = 0.03$ cm $= 0.0003$ m

আলোর বেগ, $c = 3\times10^8$ ms^{-1}

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আলোর কম্পাঙ্ক, $f = ?$

ঘ আমরা জানি,

পরিবর্তিত অবস্থায় ডোরার প্রস্থ,

$$b' = \frac{\lambda D'}{2a'}$$

বা, $$b' = \frac{1.2\times10^{-6}\times1.5}{2\times0.0015}$$

$\therefore b' = 6\times10^{-4}$ m

$= 0.0006$ m $> b$

এখানে,

প্রাথমিক অবস্থায় ডোরার প্রস্থ,

$b = 0.03$ cm $= 0.0003$ m

'গ' হতে প্রাপ্ত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 1.2\times10^{-6}$ m

পরিবর্তিত অবস্থায় চিরের ব্যবধান,

$a' = 0.15$ cm $= 0.0015$ cm

চির হতে পর্দার দূরত্ব,

$D' = 150$ cm $= 1.50$ m

পরিবর্তিত অবস্থায় ডোরার প্রস্থ, $b' = ?$

অতএব, ডোরার প্রস্থ বৃদ্ধির জন্য জারা যে কাজটি করেছে তা যথার্থ।

প্রশ্ন ▸ ২৯ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ❙ প্রশ্ন নং ৫

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 mm। চির দুটি থেকে 150 cm দূরে পর্দার ডোরা পাওয়া গেল। পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 6000 Å।

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কাকে বলে? ১

খ. ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় কোনো বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পূর্ণসংখ্যক গুণিতক হলে স্থানটি উজ্জ্বল না কি অন্ধকার হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ডোরার ব্যবধান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করলে ডোরার ব্যবধান বর্তমানের ডোরার প্রস্থের সমান হবে কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় কোনো বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পূর্ণসংখ্যক গুণিতক হলে স্থানটি উজ্জ্বল হবে। কারণ কোনো বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পূর্ণসংখ্যক গুণিতক হলে ঐ বিন্দুতে তরঙ্গ দুটি একই দশায় মিলিত হবে। অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে উভয় তরঙ্গের তরঙ্গ বিস্তার বা তরঙ্গশীর্ষ আপতিত হবে। ফলে ঐ বিন্দুতে লব্ধি বিস্তার তরঙ্গদ্বয়ের বিস্তারের সমষ্টির সমান হবে। যার ফলে ঐ স্থানটি উজ্জ্বল হবে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 900×10^{-6} m।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বর্তমান ডোরা প্রস্থ = পূর্বের ডোরা ব্যবধান = 450×10^{-6}m। অর্থাৎ সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩০ সিলেট বোর্ড ২০২১ I প্রশ্ন নং ৫

ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষায় দুটি চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 mm নেয়া হল। এ উৎসদ্বয় থেকে 1 m দূরত্বে পর্দায় ডোরার ব্যবধান 0.3 mm পাওয়া গেল।

ক. আলোর তরঙ্গ মুখ বলতে কী বুঝ? ১

খ. আলোর দ্বৈতনীতি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপরোক্ত পরীক্ষায় পর্দার কোনো একটি বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য 12000 Å হলে উক্ত বিন্দুতে কোন ধরনের ব্যতিচার সৃষ্টি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোর তরঙ্গমুখ বলতে বোঝায়— কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন হয় এবং এর উপরোস্থ সকল বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস বা গৌণ উৎস হিসেবে বিবেচিত হয়।

খ আলোর তরঙ্গ ও কণা উভয়ের ন্যায় আচরণ করাকে আলোর দ্বৈতনীতি বলে। আলো কখনো তরঙ্গের ন্যায় আবার কখনো কণার ন্যায় আচরণ করে। আলোর কণা ধর্মের জন্য আলোক তড়িৎক্রিয়া, কৃষ্ণ বস্তুর বিক্রিরণ এবং পারমাণবিক বর্ণালী ব্যাখ্যা করা যায়। অপরদিকে আলোর প্রতিফলন, প্রতিসরণ, সমবর্তন ও অপবর্তন আলোর তরঙ্গ ধর্মের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। সুতরাং আলোর তরঙ্গ ও কণা উভয়ের ন্যায় আচরণই হলো আলোর দ্বৈতনীতি।

গ আমরা জানি,

$$\beta = \frac{\lambda D}{a}$$

বা, $\lambda = \frac{a\beta}{D}$

বা, $\lambda = \frac{0.002 \times 0.0003}{1}$

$\therefore \lambda = 600 \times 10^{-9}$ m **(Ans.)**

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 2$ mm $= 0.002$ m
চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব,
$D = 1$ m
ডোরার ব্যবধান,
$\beta = 0.3$ mm $= 0.0003$ m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** দশা পার্থক্য 4π যথা π এর জোড় গুণিতক, সুতরাং উক্ত বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩১ কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ I প্রশ্ন নং ৫

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষার চির দুটির ব্যবধান 0.4 mm এবং পর্দার দূরত্ব 1m। 3100 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো চিরের ওপর ফেলা হলে পর্দার কেন্দ্র হতে ডানে বা বায়ে 12টি উজ্জ্বল ডোরা দেখা যায়। চিরের মধ্যবর্তী ব্যবধান কমানো হলে পর্দায় দৃশ্যমান ডোরার পরিবর্তন হয়।

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. আকাশ নীল দেখায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পর্দায় 12 তম উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক সরণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চির দুটির ব্যবধান অর্ধেক করা হলে পূর্ববর্তী 12টি উজ্জ্বল ডোরার স্থানে পরিবর্তিত ডোরার সংখ্যার কী পরিবর্তন হবে? উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ আলোর বিক্ষেপণের পরিমাণ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের চতুর্থ ঘাতের ব্যস্তানুপাতিক। তাই ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণের বিক্ষেপণ অধিক হয়। সূর্যের সাদা আলো যখন বায়ুমণ্ডল অতিক্রম করে তখন বেগুনি, নীল, আসমানি প্রভৃতি ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বর্ণগুলো বায়ুর অণু এবং বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণা কর্তৃক অধিক পরিমাণে বিচ্ছুরিত হয়ে চতুর্দিকে ছড়িয়ে পড়ে। দৃশ্যমান তরঙ্গগুলোর মধ্যে বেগুনি আলোর বিক্ষেপণ সর্বাধিক তথা কম্পাঙ্ক এতটাই বেশি যা মানুষের চোখে দেখার উপযুক্ত নয়। আবার নীল বর্ণের আলোর বিক্ষেপণের পরিমাণ এরূপ হয় যে, তা আমাদের চোখে অধিক পরিমাণে প্রবেশ করে। তাই আকাশ নীল দেখায়।

গ কেন্দ্রীয় চরম থেকে 12 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,

$$x = n \times \frac{\lambda D}{a}$$

$$= 12 \times \frac{3100 \times 10^{-10} \times 1}{0.4 \times 10^{-3}}$$

$$= 9.3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

এখানে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3100$ Å
$= 3100 \times 10^{-10}$m
পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m
চিরের ব্যবধান,
$a = 0.4$ mm $= 0.4 \times 10^{-3}$ m
কেন্দ্রীয় চরম হতে ডানে বা বায়ে 12টি উজ্জ্বল ডোরা দেখা যাওয়ায়, $n = 12$

এখন, $\tan\theta = \frac{x}{D}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{D}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{9.3 \times 10^{-3}}{1}\right)$

$\therefore \theta = 0.533°$ **(Ans.)**

ঘ ধরা যাক, চিরের প্রস্থ অর্ধেক করার পর (গ) হতে প্রাপ্ত 12টি ডোরার পরিবর্তে এবার n সংখ্যক ডোরা পাওয়া যাবে।

শর্তানুসারে,

$$x = n \times \frac{\lambda D}{a}$$

বা, $n = \frac{ax}{\lambda D}$

$= \frac{0.2 \times 10^{-3} \times 9.3 \times 10^{-3}}{3100 \times 10^{-10} \times 1}$

$= 6$

যা পূর্বের ডোরা সংখ্যা 12 এর অর্ধেক।

এখানে,
(গ) হতে প্রাপ্ত,
কেন্দ্রীয় চরম হতে n তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $x = 9.3 \times 10^{-3}$ m
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 3100$ Å
$= 3100 \times 10^{-10}$ m
পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m
চিড়ের ব্যবধান, $a = \frac{0.4 \text{ mm}}{2}$
$= 0.2$ mm
$= 0.2 \times 10^{-3}$ m

সুতরাং, চির দুটির ব্যবধান অর্ধেক করলে ডোরার সংখ্যাও অর্ধেক হয়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩২ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল I প্রশ্ন নং ৫

ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4 mm। চিড় হতে পর্দার দূরত্ব 90 cm। বায়ু মাধ্যমে 5200 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহৃত হয়। পরে পরীক্ষাটি যথাক্রমে গ্লিসারিন ও কেরোসিন মাধ্যমে করা হয়। গ্লিসারিন ও কেরোসিনের প্রতিসরণাঙ্ক যথাক্রমে 1.47 ও 1.44।

ক. তড়িত চৌম্বক তরঙ্গ কী? ১

খ. গৌণ তরঙ্গ কিভাবে গঠিত হয়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পরীক্ষণে বায়ু মাধ্যমের জন্য কেন্দ্রীয় চরম থেকে ৭ম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব হিসাব কর। ৩

ঘ. অন্য দুই মাধ্যমে ডোরা প্রস্থ একই হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কম্পমান চার্জ থেকে নির্গত পরস্পরের সাথে এবং তরঙ্গ সঞ্চালনের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত, সমান কম্পাঙ্ক ও সমদশা সম্পন্ন তড়িৎক্ষেত্র তরঙ্গ ও চৌম্বকক্ষেত্র তরঙ্গ এর সমন্বয়ে গঠিত শূন্য মাধ্যমে সঞ্চালনযোগ্য, অতিদ্রুত গতিসম্পন্ন তরঙ্গই তড়িত চৌম্বক তরঙ্গ।

খ কোনো উৎস হতে সৃষ্ট তরঙ্গ মাধ্যমের চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। কোনো নির্দিষ্ট সময়ে উৎস হতে সমান দূরত্বে অবস্থিত তরঙ্গের উপরিস্থিত কণাগুলোর দশা একই হয়। একই দশা সম্পন্ন কণাগুলো নিয়ে কল্পিত তলই উক্ত তরঙ্গের তরঙ্গমুখ। তরঙ্গমুখের উপর অবস্থিত প্রতিটি বিন্দুর কম্পন বা আন্দোলন এক একটি উৎস হিসেবে বিবেচিত হয়। এই উৎসগুলোকে গৌণ তরঙ্গ উৎস বলে। গৌণ উৎসগুলো থেকে সৃষ্ট তরঙ্গমালা মূল তরঙ্গের সমান বেগে অগ্রসর হয়। এভাবে তরঙ্গমুখের উপরিস্থিত বিন্দু হতে গৌণ তরঙ্গ গঠিত হয়।

গ ২৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

একটি ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষায় ব্যতিচার ঝালর পেতে 6500 Å ও 5200 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হলো। চিরের প্রস্থ 2 mm ও পর্দার থেকে চিরের দূরত্ব 120 cm।

ক. গ্রেটিং ধ্রুবকের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. যদি একটি চিড়কে পানির ভিতরে রাখা হয় তবে ব্যতিচারের ক্ষেত্রে কী ঘটবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 6500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর জন্য কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ঝালর হতে ৩য় উজ্জ্বল ঝালরের দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কেন্দ্রীয় চরম থেকে সর্বনিম্ন কত দূরত্বে দুটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের জন্যই উজ্জ্বল ঝালর পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপবর্তন গ্রেটিং-এ যে কোনো একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ পানির প্রতিসরণাঙ্ক $n > 1$ হওয়ায় পানিতে প্রবেশ করা আলোক তরঙ্গের গতি কমে যাবে এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্যও কমে যাবে। যদি একটি চির পানিতে থাকে, তবে সেই চির দিয়ে আসা তরঙ্গে তরঙ্গদৈর্ঘ্য কমে যাবে, অন্যদিকে বাতাসে থাকা চির দিয়ে আসা তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকবে ফলে ব্যতিচার ঝালরে বিন্দুগুলোর অবস্থান পরিবর্তিত হবে। এতে করে ব্যতিচার সৃষ্টি হবে না। কারণ ব্যতিচার সৃষ্টি হওয়ার জন্য সুসজ্জাত উৎসের প্রয়োজন হয় যা এখানে পাওয়া যাবে না।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.17 mm

ঘ ধরি, পর্দা হতে x দূরত্বে, উভয় আলোর জন্য উজ্জ্বল ডোরা পাওয়া যাবে এবং এক্ষেত্রে ১ম আলোর উজ্জ্বল ডোরার ক্রম n_1 ও ২য় আলোর উজ্জ্বল ডোরার ক্রম, n_2

এখানে,
১ম আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_1 = 6500 \text{ Å} = 6500 \times 10^{-10}$ m
২য় আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_2 = 5200 \text{ Å} = 5200 \times 10^{-10}$ m
চিড়ের প্রস্থ, $a = 2$ mm $= 2 \times 10^{-3}$ m
চিড় থেকে পর্দার দূরত্ব,
$D = 120$ cm $= 1.2$ m

সুতরাং $x = \frac{n_1\lambda_1 D}{a} = \frac{n_2\lambda_2 D}{a}$

বা, $n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$

বা, $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{5200 \times 10^{-10}}{6500 \times 10^{-10}} = \frac{4}{5}$

সুতরাং n_1 এর সর্বনিম্ন মান 4 এবং n_2 এর সর্বনিম্ন মান 5

সুতরাং দূরত্ব, $x = \frac{n_1\lambda_1 D}{a} = \frac{4 \times 6500 \times 10^{-10} \times 1.2}{2 \times 10^{-3}}$

$= 1.56 \times 10^{-3}$ m $= 1.56$ mm

অর্থাৎ, কেন্দ্রীয় চরম থেকে সর্বনিম্ন 1.56 mm দূরত্বে দুটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের জন্যই উজ্জ্বল ঝালর পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

পরীক্ষক	আলোর বর্ণ	তরঙ্গদৈর্ঘ্য Å	গ্রেটিং (প্রতি সে.মি. এতে দাগ সংখ্যা)
রিয়া	Orange	6000	6000
রূপা	Green	5000	1.6×10^4

ক. কিলোওয়াট ঘণ্টা কী? ১

খ. C_p ও C_v এর মধ্যে কোনটি বড়-ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রিয়ার পরীক্ষায় ১ম উজ্জ্বল ঝালরের অপবর্তন কোণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রিয়া ও রূপা উভয়ের পরীক্ষাতে যদি ২য় উজ্জ্বল ঝালরের অপবর্তন কোণ একই হয় তবে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যে কী পরিবর্তন আনতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো ইঞ্জিন এক ঘণ্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয় তাই এক কিলোওয়াট ঘণ্টা।

খ C_P এবং C_V হচ্ছে যথাক্রমে স্থির চাপে এবং স্থির আয়তনে mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ। এদেরকে যথাক্রমে স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ ও স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু কাজ হয় না। আবার, চাপ স্থির রেখে কোনো গ্যাসকে সমপরিমাণ তাপ দিলে তা ঐ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং বহিঃস্থ কাজ সম্পাদন করে। অতএব, স্থির আয়তনের তুলনায় স্থির চাপে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি তুলনামূলক কম হয়। অর্থাৎ 1 mol গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে স্থির আয়তনের বেলায় যে তাপ লাগবে, স্থির চাপের বেলায় তার চেয়ে বেশি তাপ লাগবে।

$\therefore C_P = C_V + X$; X হলো আয়তন বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে 1K তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুণ এক মোল গ্যাস কর্তৃক কৃতকাজের সমতুল্য তাপ। এই কারণে C_V ও C_P এর মধ্যে C_P বড়।

গ আমরা জানি, গ্রেটিং ধ্রুবক,

$$d = \frac{1}{\text{একক দৈর্ঘ্যে দাগ সংখ্যা}} = \frac{1 \text{ cm}}{6000} = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ m}}{6000}$$

এখানে,
ক্রমসংখ্যা, $n = 1$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 6000 \text{ Å} = 6000 \times 10^{-10}$ m
একক দৈর্ঘ্যে (প্রতি সেন্টিমিটারে) দাগ সংখ্যা $= 6000$
অপবর্তন কোণ, $\theta = ?$

আবার,
আমরা জানি,

$$d \sin\theta = n\lambda$$

বা, $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1 \times 6000 \times 10^{-10}}{\frac{1 \times 10^{-2}}{6000}}$

বা, $\sin\theta = 0.36$

$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.36) = 21.1°$ **(Ans.)**

ঘ

উভয়ের ক্ষেত্রে অপবর্তন কোণ সমান, অর্থাৎ θ হলে আমরা পাই,

$d_1 \sin\theta = n\lambda_1$ এবং
$d_2 \sin\theta = n\lambda_2$

$\therefore \frac{d_1 \sin\theta}{d_2 \sin\theta} = \frac{n\lambda_1}{n\lambda_2}$

বা, $\frac{d_1}{d_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

এখানে,
রূপার ক্ষেত্রে,
গ্রেটিং ধ্রুবক, d_2
$= \frac{1}{\text{একক দৈর্ঘ্যে দাগ সংখ্যা}}$
$= \frac{1 \text{ cm}}{1.6 \times 10^4} = \frac{1 \times 10^{-2} \text{m}}{1.6 \times 10^4}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 5000 \text{ Å} = 5000 \times 10^{-10}$ m
রিয়ার ক্ষেত্রে,
গ্রেটিং ধ্রুবক, $d_1 = \frac{1 \times 10^{-2}}{6000}$ m
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 6000 \times 10^{-10}$ m
উভয়ের ক্ষেত্রে ক্রম, $n = 2$

বা, $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{\frac{1 \times 10^{-2}}{6000}}{\frac{1 \times 10^{-2}}{1.6 \times 10^4}}$

বা, $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 2.6667$

অতএব, রিয়া বা রূপার আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরিবর্তন করে এদের অনুপাত 2.6667 রাখলে দ্বিতীয় চরমের জন্য রিয়া ও রূপা উভয়ের ক্ষেত্রে, অপবর্তন কোণ একই পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৫ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৫

ছাত্রদের একটি দল চির থেকে 1m দূরত্বে পর্দা রেখে ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষা সম্পন্ন করছিল। চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 4×10^{-4} m। লাল আলো ব্যবহার করে তারা 40 টি ডোরা পেল। পরবর্তীতে তারা সবুজ ও নীল আলো ব্যবহার করল।

[$\lambda_{red} = 740$ nm, $\lambda_{green} = 550$ nm, $\lambda_{Blue} = 450$ nm]

ক. তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্র বিবৃতি করো। ১

খ. পয়েন্টিং ভেক্টর ব্যাখ্যা করো। ২

গ. লাল আলোর জন্য ডোরা প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি ছাত্ররা আরো ২০টি ডোরা পেতে চায় তবে কোন বর্ণের আলো ব্যবহার করা উচিৎ? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তরিত করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক হয়।

খ তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো এই যে, তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি বহন করতে পারে। কোনো তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতিপথে লম্বভাবে স্থাপিত কোনো একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ শক্তি অতিক্রম করে, ঐ শক্তির মান ও তার প্রবাহের দিককে একত্রে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে। একে $\vec{S}$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তড়িৎক্ষেত্র $\vec{E}$, চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B}$ এর পয়েন্টিং ভেক্টর-এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক হলো : $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{E} \times \vec{B})$ অর্থাৎ $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ এবং একক হলো Wm^{-2}। যেহেতু S একটি ভেক্টর রাশি তাই এর দিক হবে যেদিকে শক্তি স্থানান্তরিত হয় সেদিক।

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 0.925 mm।

ঘ 'গ' হতে পাই, ডোরার প্রস্থ $\delta x = 0.925$ mm

এখানে, ডোরার ব্যবধান $\beta = 2 \times \delta x = 2 \times 0.925$ mm

$= 1.85$ mm $= 1.85 \times 10^{-3}$ m

সুতরাং, পর্দার দৈর্ঘ্যে বা 40টি ডোরার ব্যাবধান

$= 40 \times 1.85 \times 10^{-3}$ m

পর্দায় $(40 + 20) = 60$টি ডোরা সৃষ্টি হলে ডোরার ব্যবধান হবে,

$$\beta' = \frac{40 \times 1.85 \times 10^{-3}}{60} = 12.33 \times 10^{-4} \text{ m}$$

আমরা জানি, আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda = \frac{\beta' a}{D} = \frac{12.33 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-4}}{1} = 4933 \times 10^{-10} \text{ m} = 493.3 \text{ nm}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, নির্ণেয় আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 493.3 nm যা নীল বর্ণের আলোর মধ্যে পড়ে। সুতরাং, অতিরিক্ত 20টি ডোরা পেতে 493.3 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের নীল আলো ব্যবহার করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৬

রাফি ও রিয়াদ দুটি অপবর্তন গ্রেটিং এ পরীক্ষা সম্পাদন করছিল। রাফির গ্রেটিং এ প্রতি সে.মি. এ দাগ সংখ্যা 6000। কমলা রঙের আলো এর উপর ফেলা হলো। অন্যদিকে রিয়াদের ক্ষেত্রে গ্রেটিং ধ্রুবক 1.6×10^{-6} m। সে সবুজ বর্ণের আলো নিয়ে পরীক্ষা করছিল। রাফি বলল যে ১ম চরমের অপবর্তন কোণ তোমার চেয়ে আমার ক্ষেত্রে বেশি হবে।

আলোর বর্ণ	তরঙ্গদৈর্ঘ্য (Å)
কমলা	6000
সবুজ	5000
বেগুনি	4000

ক. শান্ট কী? ১

খ. নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব ভরসংখ্যার উপর নির্ভর করে না। ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সবুজ আলোর ফোটনের শক্তি MeV এককে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রাফির বক্তব্য গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে শান্ট বলে।

খ কোনো নিউক্লিয়াসের ভর ও আয়তনের অনুপাতই ঐ নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব। ধরি, নিউক্লিয়াসের নিউক্লিয়নের গড় ভর m, ব্যাসার্ধ r, নিউক্লিয়ন সংখ্যা A হলে, নিউক্লিয়াসের ভর, M = mA এবং মোট আয়তন, $V = \frac{4}{3}\pi r^3$। নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব $\rho = \frac{M}{V}$

বা, $\rho = \frac{mA}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3mA}{4\pi(r_o A^{\frac{1}{3}})^3}$ [নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ, $r = r_o A^{\frac{1}{3}}$]

$$= \frac{3\,mA}{4\pi r_o^3 A} = \frac{3m}{4\pi r_o^3}\ \frac{3\,m}{4\pi r_o^3}$$

ডানপক্ষে ভরসংখ্যা A এর অনুপস্থিতিই প্রকাশ করে নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব এর ভর সংখ্যার উপর নির্ভরশীল নয়।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.48478×10^{-6} MeV

ঘ ২৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** θ (রাফি) = 21.1°, θ (রিয়াদ) = 18.21°। এখানে, θ (রাফি) > θ (রিয়াদ), তাই, রাফির বক্তব্য সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ৩৭ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৪

10^{-3} m ব্যবধানের দুটি চির নিয়ে রহিম আলোর উপর পরীক্ষা করলো। সে পর্দাটিকে চিরের দিকে 5×10^{-2} m সরালে ডোরা ব্যবধানের পরিবর্তন পেল 3×10^{-5}m। পরবর্তীতে সে 10^{-3} m এর একক চির নিয়ে একই আলো ব্যবহার করে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করলো।

ক. ডোরা কাকে বলে? ১

খ. আলোর ব্যতিচারে বা অপবর্তনে সাদা বর্ণের আলো ব্যবহার করা হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রহিমের ১ম পরীক্ষাটি থেকে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দ্বিতীয় পরীক্ষায় কি ডোরার সংখ্যার নির্ণয় করা যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোর ব্যতিচারের ক্ষেত্রে পর্দায় পাওয়া পর্যায়ক্রমিক উজ্জ্বল ও অন্ধকার বিন্যাসকে ডোরা বলে।

খ ব্যতিচার বা অপবর্তনের ক্ষেত্রে সাদা আলো ব্যবহৃত হয় না। কারণ সাদা আলো হলো সাতটি রঙের মিশ্রণ। এর মধ্যে বিভিন্ন রঙের আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকায় উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরা আলাদা করা যায় না। সাদা আলোর পরিবর্তে একবর্ণী আলো নিলে পর্যায়ক্রমিকভাবে উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরা দেখা যায়।

গ

আমরা জানি,

$\beta_1 = \frac{\lambda D_1}{a}$

এবং $\beta_2 = \frac{\lambda D_2}{a}$

$\therefore \Delta\beta = \beta_1 - \beta_2 = \frac{\lambda D_1}{a} - \frac{\lambda D_2}{a}$

বা, $3 \times 10^{-5} = \frac{\lambda}{a} \Delta D$

বা, $\lambda = \frac{a \times 3 \times 10^{-5}}{\Delta D}$

$= \frac{10^{-3} \times 3 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-2}} = 6 \times 10^{-7}$ m **(Ans.)**

এখানে,
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 10^{-3}$ m
পর্দার দূরত্বের পার্থক্য,
$\Delta D = D_1 - D_2 = 5 \times 10^{-2}$ m
ডোরা ব্যবধানের পার্থক্য
$\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2 = 3 \times 10^{-5}$ m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই, আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6 \times 10^{-7}$ m

একটি চির ব্যবহার করলে আলোর অপবর্তন ঘটবে। এক্ষেত্রে–

আমরা জানি,

$a \sin\theta_{max} = n\lambda$

বা, $10^{-3} \times \sin 90° = n \times 6 \times 10^{-7}$

বা, $n = \frac{10^{-3}}{6 \times 10^{-7}} = 1666.6 \simeq 1666$ টি

এখানে,
অপবর্তন কোণের সর্বোচ্চ মান,
$\theta_{max} = 90°$
চিড়ের প্রস্থ, $a = 10^{-3}$ m
ক্রমসংখ্যা, $n = ?$

সুতরাং, দ্বিতীয় পরীক্ষায় ডোরার সংখ্যা নির্ণয় করা যাবে এবং এর মান হবে 1666টি।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম I প্রশ্ন নং ৫

1m দূরে অবস্থিত পর্দায় আলোর ব্যতিচার তৈরীতে 0.4 mm দূরত্বে দ্বি-চির ব্যবহার করা হলো। করিমের এই পরীক্ষাটিতে 5000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হয়। রহিম পুরো পরীক্ষণটি পানিতে করে লব্ধ ফলাফলগুলো পর্যবেক্ষণ করে।

ক. অপবর্তন কাকে বলে? ১
খ. অনুপ্রস্থ বা আড় তরঙ্গকে সমবর্তিত করা যায় কেন? ২
গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল থেকে 10 cm দূরে ডোরা ক্রম নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উভয়ের কৃত পরীক্ষায় একই ডোরা প্রস্থ পাওয়া যাবে কিনা—গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ বিভিন্ন তলে কম্পমান তরঙ্গকে একটি তলে কম্পিত করার প্রক্রিয়াকে সমবর্তন বলে। আমরা জানি যে, অনুপ্রস্থ বা আড় তরঙ্গ বিভিন্ন দিকে কম্পিত হতে পারে। ফিল্টার ব্যবহারের মাধ্যমে এই তরঙ্গকে কেবল একটি তলে কম্পিত করা সম্ভব। তাই অনুপ্রস্থ বা আড় তরঙ্গকে সমবর্তিত করা যায়।

গ

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল থেকে 10 cm দূরে n তম উজ্জ্বল ডোরা গঠিত হলে,

$x_n = \frac{n\lambda D}{a}$

বা, $n = \frac{x_n a}{\lambda D}$

$= \frac{0.1 \times 0.4 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-7} \times 1}$

$\therefore n = 80$ **(Ans.)**

এখানে,
আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000\text{Å} = 5 \times 10^{-7}$ m
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.4$ mm $= 0.4 \times 10^{-3}$ m
দূরত্ব, $X_n = 10$ cm $= 0.1$ m
ডোরার ক্রম, $n = ?$

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: করিমের পরীক্ষার ডোরা প্রস্থ, $\beta_1 = 6.25 \times 10^{-4}$ m, রহিমের পরীক্ষার ডোরা প্রস্থ, $\beta_2 = 4.7 \times 10^{-4}$ m। $\beta_1 \neq \beta_2$, তাই একই ডোরা প্রস্থ পাওয়া যাবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন

রহিম প্রতি সে.মি. দৈর্ঘ্যে 6000 দাগবিশিষ্ট একটি অপবর্তন গ্রে পাতে 5890 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলল। অন্যদিকে, করিম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলল যার অপবর্তন গ্রেটিং এ প্রতি সে দাগ সংখ্যা 1.25×10^5 টি।

ক. আলোর সমবর্তন কী?
খ. 1 amu এর সমতুল্য শক্তি MeV এককে প্রকাশ করো
গ. রহিমের পরীক্ষায় ১ম উজ্জ্বল ঝালরের জন্য অপবর্তন কো নির্ণয় করো।
ঘ. যদি রহিম ও করিমের উভয় পরীক্ষাতেই ২য় উজ্জ্বল ঝালরের জন্য অপবর্তন কোণ একই হতে হয়, তবে করিমের পরীক্ষায় তরঙ্গদৈর্ঘ্যের কী পরিবর্তন আনা লাগবে?– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাই আলোর সমবর্তন।

খ 1 amu এর সমতুল্য শক্তি, $E = mc^2 = 1 \text{ amu} \times c^2$

$1 \text{ amu} = 1.66 \times 10^{-27}$ kg ও

$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

অর্থাৎ, $E = 1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$

বা, $E = 1.494 \times 10^{-10}$ J

বা, $E = \frac{1.494 \times 10^{-10}}{1.6021 \times 10^{-19}}$ eV [∵ 1 eV = 1.6021×10^{-19}

বা, $E = 932.5 \times 10^6$ eV

$\therefore E = 932.5$ MeV

গ ৩৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 20.69°।

ঘ ৩৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** করিমের আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 1917.235 Å কমাতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪০ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ I প্রশ্ন নং

দৃশ্যকল্প-১: ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষায় কেন্দ্রীয় চরম হতে ৩য় চরমের দূরত্ব 0.20 mm, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 mm এবং চির হতে পর্দার দূরত্ব 1 m।

দৃশ্যকল্প ২: একটি আলোকবিজ্ঞান ল্যাবে মি. X প্রতি সেন্টিমিটারে 10³ দাগসংখ্যা বিশিষ্ট অপবর্তন গ্রেটিং এ 450 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো লম্বভাবে ফেললো।

ক. সমবর্তন কী?
খ. ব্যতিচারে উৎস খুব সূক্ষ্ম হতে হয় কেন ব্যাখ্যা করো।
গ. দৃশ্যকল্প-১ হতে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।
ঘ. ৪র্থ ক্রমের অপবর্তন পাওয়া সম্ভব কি? দৃশ্যকল্প-২ এর আলোকে তোমার মতামত দাও।

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাই আলোর সমবর্তন।

খ ব্যতিচারে ঘটনা পর্যবেক্ষণের জন্য উৎসদ্বয় খুব সূক্ষ্ম হতে হবে। কারণ ব্যতিচারের শর্ত হলো দুটি উৎস থেকে নির্গত তরঙ্গের দশা পার্থক্য সবসময় ধ্রুবক হতে হবে। যদি উৎসদ্বয় সূক্ষ্ম না হয়, তরঙ্গদ্বয়ের দশা এলোমেলো হয়ে যায়। ফলে ব্যতিচার স্পষ্ট হয় না। এছাড়াও ব্যতিচারের উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরা স্পষ্ট রাখার জন্য তরঙ্গদ্বয়ের কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য একরূপ রাখার জন্য উৎস সূক্ষ্ম হতে হয়।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীর প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 6.667×10^{-8} m।

ঘ

অপবর্তন গ্রেটিং এর ক্ষেত্রে

আমরা জানি,

$d\sin\theta = n\lambda$

বা, $n = \dfrac{d\sin\theta}{\lambda}$

$= \dfrac{\dfrac{1 \times 10^{-2}}{6 \times 10^{3}} \times \sin 90°}{450 \times 10^{-9}}$

$= 3.7$

অর্থাৎ সর্বোচ্চ ৩য় ক্রমের অপবর্তন পাওয়া যাবে। তাই বলা যায় যে, দৃশ্যকল্প-২ এর আলোকে ৪র্থ ক্রমের অপবর্তন পাওয়া সম্ভব নয়।

এখানে,

সর্বোচ্চ ক্রমের অপবর্তনের জন্য অপবর্তন কোণ, $\theta = 90°$

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 450$ nm $= 450 \times 10^{-9}$ m

প্রতি সেন্টিমিটারে দাগ সংখ্যা, $N = 6 \times 10^{3}$

গ্রেটিং ধ্রুবক, $d = \dfrac{1}{N} = \dfrac{1\text{cm}}{6 \times 10^{3}}$

$= \dfrac{1 \times 10^{-2}\text{m}}{6 \times 10^{3}}$

অপবর্তনের ক্রম, $n = ?$

প্রশ্ন ▸ ৪১ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৪

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষণে ব্যবহৃত আলোক উৎসের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 6000 Å. চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1.5 mm এবং চির ও পর্দার দূরত্ব 0.75 m। পরবর্তীতে চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব এক-তৃতীয়াংশ এবং চির ও পর্দার দূরত্ব দ্বিগুণ করা হলো।

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সমবর্তিত হয় না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল জোরা হতে দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ডোরা প্রস্থ পরিবর্তিত হয়– গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপবর্তন গ্রেটিং-এ যে কোনো একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ অনুপ্রস্থ তরঙ্গের প্রবাহের দিকের উলম্ব তলে কম্পন যেকোন রেখায় হতে পারে। কিন্তু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের কম্পন তরঙ্গ প্রবাহের দিক বরাবরই হয়। যেহেতু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সৃষ্টি হয় নিরবচ্ছিন্ন জড় মাধ্যমে, সেহেতু কোন নির্দিষ্ট দিকে এই কম্পন তথা প্রবাহ সীমাবন্ধ রাখাও সম্ভব নয়। তাই অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সমবর্তিত হয় না।

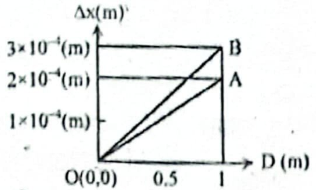
গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3×10^{-3} m।

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ১ম ক্ষেত্রে ডোরা প্রস্থ, $x_1 = 1.5 \times 10^{-4}$ m, ২য় ক্ষেত্রে ডোরা প্রস্থ, $x_2 = 9 \times 10^{-4}$ m। এখানে, $x_1 \neq x_2$, অর্থাৎ, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ডোরা প্রস্থ পরিবর্তিত হয়।

প্রশ্ন ▸ ৪২ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৪

আলোর ব্যতিচার সংক্রান্ত ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় শূন্য মাধ্যমে অবস্থিত দুই চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 mm। চির দুটিকে পর্যায়ক্রমে দুটি ভিন্ন সুসংগত আলোক উৎস দ্বারা আলোকিত করা হলো। সুসঙ্গত উৎস দু'টির জন্য ডোরার প্রস্থ বনাম চির হতে পর্দার দূরত্বের লেখচিত্র যথাক্রমে OA ও OB রেখা দ্বারা নির্দেশিত হয়। পরীক্ষায় চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব অপরিবর্তিত থাকবে।



ক. ফ্রেনেল শ্রেণির অপবর্তন কাকে বলে? ১

খ. সমবর্তিত আলো সমবর্তন তলে অবস্থান করে না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. OA রেখায় তৃতীয় ও পঞ্চম উজ্জ্বল ডোরা দুটির মধ্যকার দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সুসংগত আলোক উৎস দুটি দ্বারা উৎপন্ন ডোরা প্রস্থের ভিন্নতার কারণ– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন উৎস এবং পর্দা তাদের মধ্যেবর্তী বাধা হতে সসীম দূরে অবস্থান করে তখন ঐ বাধার দরুন পর্দায় আলোকের যে অপবর্তন পরিলক্ষিত হয় তাকে ফ্রেনেল শ্রেণির অপবর্তন বলে।

খ যদি আলোক তরঙ্গের তরঙ্গজনিত কম্পন যেকোন একটি তলে সীমাবন্ধ থাকে, তখন তাকে সমবর্তিত আলো বলে। সমবর্তিত আলো যে তলে কম্পিত হয়, তাকে কম্পন তল বলে। কম্পন তলের সাথে যে তলটি লম্বভাবে থাকে, তাকে সমবর্তন তল বলে অর্থাৎ কম্পন সমবর্তন তলে আলোক তরঙ্গের কোনো কম্পন হয় না। এজন্য সমবর্তিত আলো সমবর্তন তলে অবস্থান করে না।

গ চিত্র থেকে পাই,

OA রেখায় ডোরা প্রস্থ, $\Delta x = 2 \times 10^{-4}$ m

আমরা জানি, ডোরা ব্যবধান = 2 × ডোরা প্রস্থ

বা, $\dfrac{\lambda D}{a} = 2 \times 2 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-4}$ m

আবার, পরপর ২টি উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব = ডোরার ব্যবধান $= \dfrac{\lambda D}{a}$

সুতরাং OA রেখায় তৃতীয় ও পঞ্চম উজ্জ্বল ডোরাদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব = 2 × ডোরা ব্যবধান

$= 2 \times \dfrac{\lambda D}{a} = 2 \times 4 \times 10^{-4}$ m $= 8 \times 10^{-4}$ m **(Ans.)**

ঘ

OA রেখার ক্ষেত্রে,

ডোরা প্রস্থ, $\Delta x_1 = \dfrac{\lambda_1 D_1}{2a_1}$

বা, $\lambda_1 = \dfrac{\Delta x_1 \times 2a_1}{D_1}$

$= \dfrac{2 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-3}}{1}$

$= 4 \times 10^{-7}$ m

$= 4000$ Å

এখানে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D_1 = 1$ m

ডোরা প্রস্থ, $\Delta x_1 = 2 \times 10^{-4}$ m

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a_1 = 1$ mm $= 10^{-3}$ m

OB রেখার ক্ষেত্রে,

ডোরা প্রস্থ, $\Delta x_2 = \dfrac{\lambda_2 D_2}{2a_2}$

বা, $\lambda_2 = \dfrac{\Delta x_2 \times 2a_2}{D_2}$

$= \dfrac{3 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-3}}{1}$

$= 6 \times 10^{-7}$ m

$= 6000$ Å

এখানে,

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D_2 = 1$ m

ডোরা প্রস্থ, $\Delta x_2 = 3 \times 10^{-4}$ m

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a_2 = a_1 = 1$ mm $= 10^{-3}$ m

সুতরাং বলা যায়, 4000 Å ও 6000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি ভিন্ন সুসঙ্গাত আলোক উৎস ব্যবহার করাই উৎস দুটি দ্বারা উৎপন্ন ডোরা প্রস্থের ভিন্নতার কারণ।

প্রশ্ন ▸ ৪৩ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৫

তনিমা 5000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো নিয়ে ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষা চালালো। চিরদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব 0.1 mm এবং চির থেকে 2 m দূরে পর্দা রাখলো। তারপর সে পর্দায় সৃষ্ট ডোরাগুলো পর্যবেক্ষণ করলো। তনিমা ধারণা করলো কেন্দ্রীয় চরম থেকে 6.02×10^{-3} m দূরত্বের বিন্দুতে উজ্জ্বল ডোরা দেখতে পাবে।

ক. জেনার ভোল্টেজ কাকে বলে? ১

খ. ট্রানজিস্টরের অন্তর্গামী ও বহির্গামী সিগনালের দশা পরস্পর বিপরীত কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের পরীক্ষায় ২য় ক্রমের চরমগুলোর মধ্যে কৌণিক ব্যবধান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বিন্দুতে উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টি হবে কিনা? না হলে নিকটতম উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টির জন্য কী ব্যবস্থা নিতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জংশনে বিমুখী ঝোঁকে ভোল্টেজ বাড়াতে থাকলে এক সময় হঠাৎ করে বিপুল পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়; তখন মনে হয় p-n জংশনের বিভব বাধা একেবারে বিলুপ্ত হয়ে গেছে। বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে যে ভোল্টেজের জন্য এরূপ ঘটে তাকে জেনার ভোল্টেজ বলে।

খ সাধারণ নিঃসারক বিন্যাসে ট্রানজিস্টরের অন্তর্গামী ও বহির্গামী সিগনালের দশা পরস্পর বিপরীত হয়। এরূপ হওয়ার কারণ হলো আউটপুট ভোল্টেজের পোলারিটি নির্ধারণের প্রক্রিয়া।

এসি সিগনালে যখন i_B বাড়ে তখন i_C ও বাড়ে, কিন্তু আউটপুট ভোল্টেজের মান $-i_CR_C$; তাই i_B যে দশায় থাকে V_o (আউটপুট ভোল্টেজ) থাকে তার বিপরীত দশায়।

গ

২য় ক্রমের চরমের কৌণিক অবস্থান θ_2 হলে,

আমরা জানি,

$a\sin\theta_2 = n\lambda$

বা, $\sin\theta_2 = \frac{n\lambda}{a}$

বা, $\theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{a}\right)$

$= \sin^{-1}\left(\frac{2 \times 5 \times 10^{-7}}{0.1 \times 10^{-3}}\right)$

$= 0.573°$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.1$ mm
$= 0.1 \times 10^{-3}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব,
$D = 2$ m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000$ Å
$= 5 \times 10^{-7}$ m
২য় ক্রমের জন্য, $n = 2$

$\therefore$ ২য় ক্রমের চরমগুলোর মধ্যে কৌণিক ব্যবধান, $\theta = 2\theta_2 = 2 \times 0.573° = 1.146°$ **(Ans.)**

ঘ

আমরা জানি,

কেন্দ্রীয় চরম থেকে n তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,

$x_n = \frac{n\lambda D}{a}$

বা, $n = \frac{x_n a}{\lambda D}$

$= \frac{6.02 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-7} \times 2}$

$= 0.602$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.1$ mm
$= 0.1 \times 10^{-3}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব,
$D = 2$ m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000$ Å
$= 5 \times 10^{-7}$ m
দূরত্ব, $x_n = 6.02 \times 10^{-3}$ m
ক্রম, $n = ?$

দেখা যাচ্ছে, n এর মান পূর্ণসংখ্যা নয়, তাই বলা যায়, উদ্দীপকে উল্লিখিত বিন্দুতে উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টি হবে না।

$n = 0.602$ এর কাছাকাছি পূর্ণ সংখ্যা, $n = 1$। তাই উক্ত বিন্দুতে ১ম উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টির জন্য পর্দার দূরত্ব D' হলে,

$x_n = \frac{n\lambda D'}{a}$

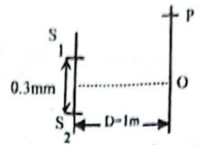
বা, $D' = \frac{X_n a}{n\lambda}$

$= \frac{6.02 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 10^{-3}}{1 \times 5 \times 10^{-7}}$

$= 1.204$ m

সুতরাং বলা যায়, উক্ত বিন্দুতে ১ম উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টির জন্য পর্দার দূরত্ব $(2 - 1.204) = 0.796$m কমাতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৪ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৮



উদ্দীপকে 3800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করে ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষা সম্পন্ন করা হচ্ছে।

ক. তড়িৎ ফ্লাক্স কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ দ্বিমেরুর লম্বদ্বিখণ্ডকের উপর বিভবের রাশিমালা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 0.1 mm প্রস্থের একটি একক চিরের দরুণ অপবর্তন পরীক্ষার একই তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করে ১ম ক্রমের চরমের জন্য অপবর্তন কোণ Q_1 নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ব্যবস্থাটি পানি মাধ্যমে নিলে ৫ম উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক বিচ্যুতির কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের ভিতরে কোনো কল্পিত তলের মধ্যদিয়ে উল্লম্বতলে অতিক্রান্ত মোট বলরেখার সংখ্যাকে ঐ তলের সাথে সংশ্লিষ্ট তড়িৎ ফ্লাক্স বলে।

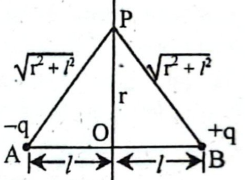
খ ধরা যাক, $2l$ দূরত্বে অবস্থিত $-q$ ও $+q$ দুটি বিন্দু আধানের সমন্বয়ে একটি তড়িৎ দ্বিমেরু গঠিত। মনে করি $-q$ ও $+q$ আধান K তড়িৎ মাধ্যমাঙ্কবশিষ্ট মাধ্যমে যথাক্রমে A ও B বিন্দুতে অবস্থিত। এ তড়িৎ দ্বিমেরুর মধ্যবিন্দু O থেকে তার লম্ব সমদ্বিখণ্ডকের ওপর r দূরত্বে P বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় করতে হবে।

এখন A বিন্দুর $-q$ আধানের জন্য P বিন্দুতে বিভব,

$V_1 = -\frac{1}{4\pi \in_0 K} \frac{q}{\sqrt{r^2 + l^2}}$

এবং B বিন্দুর $+q$ আধানের জন্য P বিন্দুতে বিভব

$V_2 = \frac{1}{4\pi \in_0 K} \frac{q}{\sqrt{r^2 + l^2}}$



$\therefore$ P বিন্দুতে মোট বিভব,

$V = V_1 + V_2$

$= -\frac{1}{4\pi \in_0 K} \frac{q}{\sqrt{r^2 + l^2}} + \frac{1}{4\pi \in_0 K} \frac{q}{\sqrt{r^2 + l^2}} = 0$

অর্থাৎ তড়িৎ দ্বিমেরুর দৈর্ঘ্যের লম্ব সমদ্বিখণ্ডকের ওপর যেকোনো বিন্দুতে তড়িৎ বিভব শূন্য।

গ

আমরা জানি,

১ম ক্রমের চরমের জন্য

$a\sin Q_1 = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$

বা, $\sin Q_1 = \frac{(2n + 1)\lambda}{2a}$

বা, $\sin Q_1 = (2 \times 1 + 1)\frac{3800 \times 10^{-10}}{2 \times 0.1 \times 10^{-3}}$

বা, $Q_1 = \sin^{-1}(5.7 \times 10^{-3})$

$\therefore Q_1 = 0.326°$ **(Ans.)**

এখানে,
চিরের প্রস্থ, $a = 0.1$ mm
$= 0.1 \times 10^{-3}$ m
ক্রম, $n = 1$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800$ Å
$= 3800 \times 10^{-10}$ m
অপবর্তন কোণ, $Q_1 = ?$

ঘ

১ম ক্ষেত্রে, ৫ম উজ্জ্বল ডোরার ক্ষেত্রে,

$x_n = \frac{n\lambda D}{a}$

$= \frac{5 \times 3800 \times 10^{-10} \times 1}{0.3 \times 10^{-3}}$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.3$ mm $= 0.3 \times 10^{-3}$ m
উৎস ও পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 3800$ Å $= 3800 \times 10^{-10}$ m

$= 6.33 \times 10^{-3}$ m

কৌণিক বিচ্যুতি,

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x_n}{D}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{6.33 \times 10^{-3}}{1}\right)$$
$$= 0.362^\circ$$

ক্রম, $n = 5$
পানির প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu = 1.33$

২য় ক্ষেত্রে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_1 হলে, পানি মাধ্যমে $\mu = \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.33$

বা, $\lambda_1 = \frac{\lambda}{1.33} = \frac{3800 \times 10^{-10}}{1.33} = 2.857 \times 10^{-7}$ m

সুতরাং পানি মাধ্যমে,

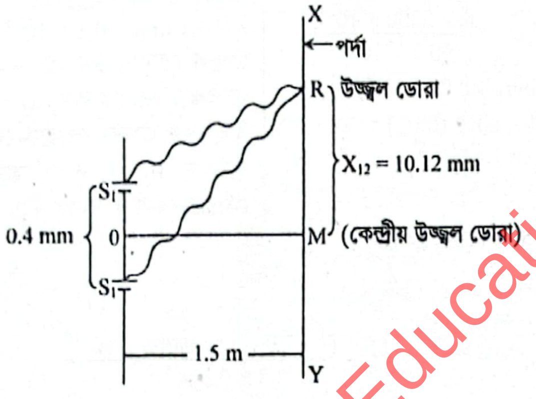
$$x_n' = \frac{n\lambda_1 D}{a} = \frac{5 \times 2.857 \times 10^{-7} \times 1}{0.3 \times 10^{-3}} = 4.76 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\therefore \theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{x'_n}{D}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{4.76 \times 10^{-3}}{1}\right)$$
$$= 0.273^\circ$$

অতএব, কৌণিক বিচ্যুতি হ্রাস পাবে = (0.362 – 0.273) = 0.89° ।

প্রশ্ন ▸ ৪৫ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৫

চিত্রে ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষায় নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হলো।



ক. সুসংগত উৎস কাকে বলে? ১

খ. আলোর ব্যতিচার ও অপবর্তন একই কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে চিত্রের পরীক্ষণটিকে পানিতে রেখে সম্পন্ন করা হলে ডোরার প্রস্থের কীরূপ পরিবর্তন হবে– তা গাণিতিকভাবে মতামত দাও। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি উৎস হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদেরকে সুসংগত উৎস বলে।

খ আলোর ব্যতিচার ও অপবর্তন একই নয়। এদের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ:

ব্যতিচার	অপবর্তন
১. একই উৎস থেকে নির্গত দুটি সুসংগত তরঙ্গমুখ থেকে প্রাপ্ত তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।	১. একই তরঙ্গমুখের বিভিন্ন অংশ থেকে নির্গত গৌণ তরঙ্গসমূহের উপরিপাতনের ফলে অপবর্তনের সৃষ্টি হয়।
২. ব্যতিচারের ফলে সৃষ্ট ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হতেও পারে, নাও হতে পারে।	২. অপবর্তনে সৃষ্ট ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হয় না।
৩. ব্যতিচারে সৃষ্ট অন্ধকার ডোরাগুলোতে কোনো আলো থাকে না।	৩. অপবর্তনে সৃষ্ট অন্ধকার ডোরাগুলো কখনো সম্পূর্ণ অন্ধকার হয় না।
৪. ব্যতিচারে সৃষ্ট সকল উজ্জ্বল ডোরার তীব্রতা সমান হয়।	৪. অপবর্তনে সৃষ্ট সকল উজ্জ্বল ডোরার তীব্রতা সমান হয় না।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 2.25×10^{-7} m।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: বায়ুতে ডোরা প্রস্থ, $\delta x = 4.22 \times 10^{-4}$ m, পানিতে ডোরা প্রস্থ, $\delta_{x_\omega} = 3.17 \times 10^{-4}$ m। অর্থাৎ, ডোরা প্রস্থ $(4.22 \times 10^{-4} - 3.17 \times 10^{-4}) = 1.05 \times 10^{-4}$ m হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৬ ঢাকা কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৪

একজন ছাত্র পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরির অন্ধকার কক্ষে ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 5900 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করলে। চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4 mm এবং চির থেকে পর্দার দূরত্ব 100 cm।

ক. আলোর সমবর্তন কী? ১

খ. "প্রকৃতিতে কোন উৎসই সংগত নয়"—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা থেকে ৫ম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় 7000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করলে কি পর্দার 4 mm দৈর্ঘ্যে সমান সংখ্যক ডোরার সৃষ্টি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলো কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমনের পর আলোক তরঙ্গের কম্পন একটি নির্দিষ্ট দিকে বা তলে সীমাবদ্ধ থাকার ঘটনাই আলোর সমবর্তন।

খ দুটি উৎস থেকে সমদশায় বা কোন নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদেরকে সুসংগত উৎস বলে। সাধারণত দুটি আলাদা উৎসকে সুসংগত উৎস হিসেবে গণ্য করা যায় না, কেননা কোনো উৎসের নিঃসৃত আলো অন্য উৎসের উপর কোন ভাবেই নির্ভর করে না। তাই আলাদা দুটি উৎস একটি নির্দিষ্ট দশা পার্থক্য বজায় রাখতে পারে না। ফলে এদের মধ্যে তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও বিস্তারে বেশ পার্থক্য দেখা যায়। তাই প্রকৃতিতে কোন উৎসই সুসংগত নয়।

গ আমরা জানি,
অন্ধকার ডোরার জন্য,

$$x_n = \frac{(2n-1)\lambda D}{2a}$$

বা, $X_n = \frac{(2 \times 5 - 1) \times 5900 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 0.4 \times 10^{-3}}$

$\therefore x_n = 6.6375 \times 10^{-3}$ m (Ans.)

এখানে,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5900$ Å
$= 5900 \times 10^{-10}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব,
$D = 100$ cm $= 1$ m
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.4$ mm $= 0.4 \times 10^{-3}$
অন্ধকার ডোরার ক্রম, $n = 5$
৫ম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব,
$x_n = ?$

ঘ আমরা জানি,

ডোরা প্রস্থ, $b = \frac{\lambda D}{2a}$
$= \frac{7000 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 0.4 \times 10^{-3}}$
$= 8.75 \times 10^{-4}$ m
$= 0.875$ mm

এখানে,
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 7000$ Å $= 7000 \times 10^{-10}$ m
চির থেকে পর্দার দূরত্ব,
$d = 100$ cm $= 1$ m
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.4$ mm
$= 0.4 \times 10^{-3}$ m

পর্দার উপর 4 mm দূরত্বে ডোরার সংখ্যা n হলে,

$n = \frac{4}{0.875} = 4.57$

$n \neq$ পূর্ণসংখ্যা

4 mm দৈর্ঘ্য দুইটি উজ্জ্বল ডোরা ও দুইটি অন্ধকার ডোরা তৈরি হবে। আর সামান্য অংশে অন্য একটি ডোরার কিছু অংশ থাকবে।

সুতরাং, সমান সংখ্যক ডোরা সৃষ্টি হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৪৭ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় দুটি চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 mm নেওয়া হলো। এ চিরদ্বয় থেকে 1 m দূরত্বে পর্দায় ডোরার ব্যবধান 0.3 mm পাওয়া গেল।

ক. তরঙ্গমুখ কী? ১

খ. কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণ ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান ব্যর্থ—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উপরোক্ত পরীক্ষায় পর্দার কোনো একটি বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য 12000 Å হলে উক্ত বিন্দুতে কোন ধরনের ব্যতিচার সৃষ্টি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাই ঐ তরঙ্গের তরঙ্গমুখ।

খ কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণ ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান ব্যর্থ, কারণ কৃষ্ণবস্তু থেকে নিঃসৃত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বণ্টনের ব্যাখ্যা দিতে এটি সক্ষম হয় না। চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের নীতির উপর ভিত্তি করে ভীন ও রেলি-জিনস যে সূত্র প্রদান করে তা তাত্ত্বিকভাবে নির্ভুলরূপে প্রতিষ্ঠিত কিন্তু পরীক্ষালব্ধ মানের সাথে সামঞ্জস্য নয়। এটি থেকে প্রতীয়মান হয় যে, কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণ ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান ব্যর্থ।

গ আমরা জানি,

$\beta = \frac{\lambda D}{a}$

বা, $\lambda = \frac{\beta a}{D}$

$= \frac{0.3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3}}{1}$

$= 6 \times 10^{-7}$ m **(Ans.)**

এখানে,

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$a = 2\text{mm} = 2 \times 10^{-3}$ m

চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব D = 1m

ডোরার ব্যবধান,

$\beta = 0.3 \text{ mm} = 0.3 \times 10^{-3}$ m

ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: দশাপার্থক্য = 4π। যেহেতু দশা পার্থক্য π এর জোড় গুণিতক সুতরাং, উক্ত বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৮ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৫

ইয়ং-এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 5000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো প্রয়োগ করা হলো। চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.1 mm এবং চির হতে পর্দার দূরত্ব 2 m।

ক. অপবর্তন কাকে বলে? ১

খ. ব্যতিচার ও অপবর্তনের মধ্যে পার্থক্য লিখ। ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চতুর্থ উজ্জ্বল ডোরা এবং দশম অন্ধকার ডোরার মধ্যকার কৌণিক ব্যবধান নির্ণয় করা যাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ ব্যতিচার ও অপবর্তনের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ:

ব্যতিচার	অপবর্তন
১। একই উৎস হতে নির্গত দুটি সুসংগত তরঙ্গমুখ থেকে প্রাপ্ত তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।	১। একই তরঙ্গমুখের বিভিন্ন অংশ থেকে নির্গত গৌণ তরঙ্গসমূহের উপরিপাতনের ফলে অপবর্তনের সৃষ্টি হয়।
২। ব্যতিচারে সৃষ্ট অন্ধকার ডোরা গুলোতে কোনো আলো থাকে না।	২। অপবর্তনে সৃষ্ট অন্ধকার ডোরাগুলো কখনো সম্পূর্ণ অন্ধকার হয় না।
৩। ব্যতিচারে সৃষ্ট ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হতেও পারে, নাও হতে পারে।	৩। অপবর্তনে সৃষ্ট ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হয় না।
৪। ব্যতিচারে সৃষ্ট সকল উজ্জ্বল ডোরার তীব্রতা তথা উজ্জ্বলতা সমান হয়।	৪। অপবর্তনে সৃষ্ট সকল উজ্জ্বল ডোরার তীব্রতা সমান হয় না।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.1 m।

ঘ উজ্জ্বল ডোরার ক্ষেত্রে,

$a\sin\theta_1 = n_1\lambda$

বা, $\sin\theta_1 = \frac{n_1\lambda}{a}$

$= \frac{4 \times 5000 \times 10^{-10}}{0.1 \times 10^{-3}}$

বা, $\sin\theta_1 = 0.02$

বা, $\theta_1 = \sin^{-1}(0.02)$

$= 1.146°$

এখানে,

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 5000 \text{ Å} = 5000 \times 10^{-10}$ m

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$a = 0.1 \text{ mm} = 0.1 \times 10^{-3}$ m

উজ্জ্বল ডোরার ক্রম, $n_1 = 4$ এবং

অন্ধকার ডোরার ক্রম, $n_2 = 10$

ধরি, ৪র্থ উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক ব্যবধান θ_1 ও দশম অন্ধকার ডোরার কৌণিক ব্যবধান θ_2

অন্ধকার ডোরার ক্ষেত্রে,

$a\sin\theta_2 = (2n_2 - 1)\frac{\lambda}{2}$

বা, $\sin\theta_2 = \frac{(2n_2 - 1)\lambda}{2a} = \frac{(2 \times 10 - 1) \times 5000 \times 10^{-10}}{2 \times 0.1 \times 10^{-3}}$

বা, $\sin\theta_2 = 0.0475$

বা, $\theta_2 = \sin^{-1}(0.0475)$

$= 2.72°$

সুতরাং, ৪র্থ উজ্জ্বল ডোরা ও দশম অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধান নির্ণয় করা যাবে এবং তা হবে, $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 2.72° - 1.146° = 1.574°$।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৫

একটি দ্বি-চির পরীক্ষায় চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 mm, চির হতে পর্দার দূরত্ব 1.5 m, ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 580 nm, প্রতিটি চিরের প্রস্থ 0.2 mm।

ক. তরঙ্গমুখ কাকে বলে? ১

খ. হাইগেনের নীতিটি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পর্দায় সৃষ্ট ৩য় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৫ম অন্ধকার ডোরার রৈখিক দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চির দুইটির একটি বন্ধ করলে, পর্দায় সৃষ্ট কেন্দ্রীয় চরমের কৌণিক বিস্তৃতি নির্ণয় সম্ভব কি-না গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

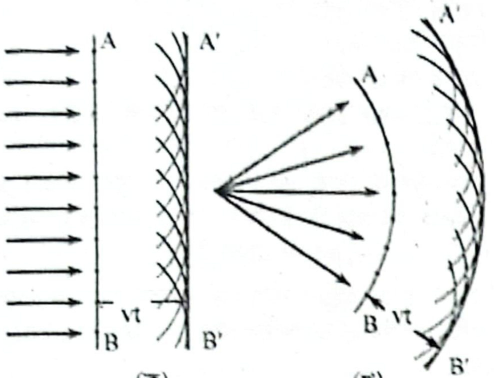
৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন থাকে তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গমুখ বলে।

খ হাইগেনের নীতিটি হলো— একটি তরঙ্গমুখের উপরস্থ সকল বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ

(Secondary Wave) উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হবে। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গামুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।

ধরা যাক, AB একটি সমতল অথবা গোলীয় তরঙ্গামুখ বাম থেকে ডান দিকে অগ্রসর হচ্ছে। হাইগেনের নীতি অনুসারে এর উপরস্থ সব বিন্দু গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে ক্রিয়া করবে অর্থাৎ প্রতিটি বিন্দু থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হবে। তরঙ্গের দ্রুতি v হলে প্রতিটি বিন্দু থেকে উৎপন্ন গৌণ তরঙ্গের তরঙ্গামুখ t সময়ে সামনের দিকে vt দূরত্ব অতিক্রম করবে। এখন vt ব্যাসার্ধ নিয়ে AB এর উপরস্থ প্রতিটি বিন্দুকে কেন্দ্র করে একটি করে বৃত্তচাপ অঙ্কন করা হলে বৃত্তচাপগুলো t সময় পর গৌণ তরঙ্গাগুলোর তরঙ্গামুখ নির্দেশ করবে। এ বৃত্তচাপগুলোর সাধারণ স্পর্শক A'B' হবে ঐ সময় তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।



(ক) (খ)

গ কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৩য় উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব,

$$x_3 = \frac{n_1 \lambda D}{a} = \frac{3 \times 580 \times 10^{-9} \times 1.5}{1 \times 10^{-3}} = 2.61 \times 10^{-3}\ \text{m} = 2.61\ \text{mm}$$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 1\ \text{mm} = 1 \times 10^{-3}\text{m}$
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1.5$ m
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 580\ \text{nm} = 580 \times 10^{-9}$ m
ক্রম, $n_1 = 3$
$n_2 = 5$

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৫ম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব,

$$X_5 = (2n_2 - 1)\frac{\lambda D}{2a} = \frac{(2 \times 5 - 1) \times 580 \times 10^{-9} \times 1.5}{2 \times 1 \times 10^{-3}} = 3.915 \times 10^{-3}\ \text{m} = 3.915\ \text{mm}$$

সুতরাং, পর্দার সৃষ্ট ৩য় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৫ম অন্ধকার ডোরার রৈখিক দূরত্ব, $x = x_5 - x_3 = 3.915 - 2.61 = 1.305$ mm **(Ans.)**

ঘ চির দুটির একটি বন্ধ করলে একক চিরের দরুন আলোর অপবর্তন হবে।

অপবর্তন কোণ θ হলে,
চরম বা উজ্জ্বল বিন্দুর ক্ষেত্রে,

$$a \sin\theta = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\text{বা, } \sin\theta = \frac{(2n+1)\lambda}{2a}$$

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1}\frac{(2n+1)\lambda}{2a} = \sin^{-1}\left\{\frac{(2 \times 1 + 1) \times 580 \times 10^{-9}}{2 \times 0.2 \times 10^{-3}}\right\} = 0.25°$$

এখানে,
চিরের প্রস্থ,
$a = 0.2\ \text{mm} = 0.2 \times 10^{-3}$ m
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 580$ nm
$= 580 \times 10^{-9}$ m
ক্রম $n = 1$

∴ কৌণিক বিস্তৃতি, $2\theta = 2 \times 0.25 = 0.5°$।

অর্থাৎ, চির দুইটির একটি বন্ধ করলে, পর্দায় সৃষ্ট কেন্দ্রীয় চরমের কৌণিক বিস্তৃতি নির্ণয় সম্ভব এবং তা 0.5°

প্রশ্ন ▶ ৫০ ঢাকা সিটি কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

ইয়ং এর দ্বি চির পরীক্ষায় 0.1 mm প্রশস্থের দুটি চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.4 mm। 5000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো উপরিপাতনের ফলে 1 m দূরত্বে একটি পর্দার উপর ব্যতিচার ঝালর তৈরি হয়। পরবর্তীতে একটি চির বন্ধ করে দেয়া হলো।

ক. তরঙ্গামুখ কী? ১
খ. আলোর ব্যতিচারের শর্ত লিখ। ২
গ. পর্দায় দৃশ্যমান ব্যতিচার ডোরার প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের চির বন্ধ করার পূর্বে ও পরে চির হতে ৪র্থ উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক অবস্থান একই হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশা সম্পন্ন তাই ঐ তরঙ্গের তরঙ্গামুখ।

খ আলোর ব্যতিচারের শর্তগুলো নিম্নরূপ:

i. আলোর উৎস দুটি সুসংগত হতে হবে।
ii. যে দুটি তরঙ্গের ব্যতিচার ঘটবে তাদের বিস্তার সমান বা প্রায় সমান হতে হবে।
iii. উৎসগুলো খুব কাছাকাছি অবস্থিত হতে হবে।
iv. উৎসগুলো খুব সূক্ষ্ম হতে হবে।

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ডোরার প্রস্থ 6.25×10^{-4} m.

ঘ

আমরা জানি, ইয়ং এর দ্বিচির পরীক্ষায় চতুর্থ উজ্জ্বল ডোরার ক্ষেত্রে,

$$x_n = \frac{n\lambda D}{a} = \frac{4 \times 5000 \times 10^{-10} \times 1}{0.4 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

$$\text{এখন } \tan\theta_1 = \frac{x_n}{D}$$

$$\text{বা, } \theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{x_n}{D}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{5 \times 10^{-3}}{1}\right)$$

$$\therefore \theta_1 = 0.286°$$

এখানে,
চিরের প্রস্থ, $a' = 0.1$ mm
$= 0.1 \times 10^{-3}$ m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000$ Å
$= 5000 \times 10^{-10}$ m
ক্রম, $n = 4$
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.4$ mm
$= 0.4 \times 10^{-3}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব,
$D = 1$ m

এখন একটি চির বন্ধ করলে সেটি একক চিরের দরুন অপবর্তন হবে। সেক্ষেত্রে আমরা পাই–

$$a' \sin\theta_2 = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\text{বা, } \sin\theta_2 = \frac{(2n+1)\lambda}{2a'} = \frac{(2 \times 4 + 1) \times 5000 \times 10^{-10}}{2 \times 0.1 \times 10^{-3}} = 0.0225$$

$$\text{বা, } \theta_2 = \sin^{-1}(0.0225) = 1.289°$$

সুতরাং, $\theta_1 \neq \theta_2$। অতএব চির বন্ধ করার পূর্বে ও পরে ৪র্থ উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক অবস্থান একই হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫১ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় দুটি চিরের মধ্যবর্তী ব্যবধান 2×10^{-3} m। চিরদ্বয় থেকে 1 m দূরে পর্দায় সৃষ্ট ডোরার ব্যবধান 3.3×10^{-3} m। পরীক্ষায় লাল বর্ণের আলো ব্যবহৃত হয়েছে। উক্ত পরীক্ষায় পর্দার কোনো বিন্দু P তে তরঙ্গদ্বয়ের পথপার্থক্য 9900 nm।

ক. কার্শফের ২য় সূত্র বর্ণনা করো। ১

খ. অ্যামিটার এক ধরনের গ্যালভানোমিটার— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. P বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যাতিচার সৃষ্টি হবে— সত্যতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

খ গ্যালভানোমিটার খুবই সুবেদী হওয়ায় অল্প তড়িৎ প্রবাহেই এটি পুড়ে যায়। তাই একে অ্যামিটার হিসেবে ব্যবহার করতে চাইলে এর সাথে সমান্তরালে একটি রোধ তথা শান্ট ব্যবহার করা হয়। যেহেতু শান্টের রোধ খুবই কম তাই বর্তনীর তুল্য রোধের কোনো পরিবর্তন হয় না এবং মূল তড়িৎপ্রবাহ দুইভাগ হয়ে যাওয়ায় গ্যালভানোমিটারও পুড়ে যাওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়। পরবর্তীতে $I = \frac{G+S}{S} I_g$ সূত্র ব্যবহার করে তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় করা যায়। এখানে, G ও S যথাক্রমে গ্যালভানোমিটার ও শান্টের রোধ এবং I_g = গ্যালভানোমিটারে তড়িৎপ্রবাহ। এখান থেকে বলা যায় যে, অ্যামিটার এক প্রকার গ্যালভানোমিটার।

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 6.6×10^{-6} m।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** P বিন্দুতে দশা পার্থক্য 3π, তাই ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে। অতএব উক্তিটি সত্য নয়।

প্রশ্ন ▶ ৫২ সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা ❙ প্রশ্ন নং ৬

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 mm। চির দুটি থেকে 150 cm দূরে পর্দায় ডোরা পাওয়া গেলো। পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 6000 Å।

ক. আলোর সমবর্তনের ক্ষেত্রে ম্যালাসের সূত্র লেখ। ১

খ. ব্যতিচার ও অপবর্তনের মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২

গ. উদ্দীপক থেকে ডোরা ব্যবধান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের চির হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করলে ডোরার ব্যবধান বর্তমানের ডোরার প্রস্থের সমান হবে কি-না গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিশ্লেষকের মধ্য দিয়ে সমবর্তিত আলো গমনের ফলে এর তীব্রতা সমবর্তক ও বিশ্লেষকের নিঃসরণ তলের মধ্যবর্তী কোণের cosine-এর বর্গের সমানুপাতিক।

খ ব্যতিচার ও অপবর্তনের পার্থক্য নিম্নে দেওয়া হলো:

ব্যতিচার	অপবর্তন
i. দুটি সুসংগত উৎস হতে একই মাধ্যমের কোনো বিন্দুতে আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।	i. একটি তরঙ্গ মুখের বিভিন্ন অংশ হতে নির্গত গৌণ তরঙ্গসমূহের উপরিপাতনের ফলে অপবর্তন সৃষ্টি হয়।
ii. ব্যতিচার ঝালরের পট্টিগুলোর বেধ সাধারণত সমান হয় আবার কখনো অসমান হয়।	ii. অপবর্তন ঝালরের পট্টিগুলোর বেধ কখনো সমান হয় না।
iii. ব্যতিচারের ক্ষেত্রে অন্ধকার পট্টিতে কোনো আলো থাকে না।	iii. অপবর্তনের ক্ষেত্রে অন্ধকার পট্টিগুলোতেও কিছু আলো থাকে।
iv. ব্যতিচারে সব উজ্জ্বল পট্টিগুলোর আলোক প্রাবল্য সমান থাকে।	iv. অপবর্তনে উজ্জ্বল পট্টিগুলোর প্রত্যেকটিতে আলোক প্রাবল্য কখনো সমান থাকে না।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 9×10^{-4} m।

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: পূর্বের ডোরার প্রস্থ, $x_1 = 4.5 \times 10^{-4}$ m, পরিবর্তিত ডোরার ব্যবধান, $x_2 = 4.5 \times 10^{-4}$ m; যা বর্তমান ডোরা প্রস্থের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৩ বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ কুর্মিটোলা, ঢাকা ❙ প্রশ্ন নং ৪

ইয়ং-এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 5000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো প্রয়োগ করা হলো। চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.1 mm এবং চির হতে পর্দার দূরত্ব 2 m।

ক. নিবৃত্তি বিভব কী? ১

খ. চার্জের কোয়ান্টায়ন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দশম উজ্জ্বল ডোরা এবং দশম অন্ধকার ডোরার মধ্যকার কৌণিক অবস্থান গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তুলনা করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ন্যূনতম ঋণাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবই নিবৃত্তি বিভব।

খ আধানের একটি নির্দিষ্ট ও ন্যূনতম মান আছে যা অপেক্ষা কম মানের আধান পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেকোনো আহিত বস্তুতে মোট আধানের পরিমাণ ঐ ন্যূনতম চার্জের অখণ্ড গুণিতক; একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে। চার্জ এক স্থান থেকে আর এক স্থানে গমনের ক্ষেত্রেও ঐ ন্যূনতম মানের অখণ্ড গুণিতক হিসেবেই গমন করে, যাকে e দ্বারা প্রকাশ করা হলে কোনো বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ $+10e$ বা $-7e$ হতে পারে কিন্তু $+5.32\,e$ হতে পারে না।

গ আমরা জানি,

$$x_n = \frac{n\lambda D}{a}$$

বা, $$x_n = \frac{10 \times 5000 \times 10^{-10} \times 2}{0.1 \times 10^{-3}}$$

$\therefore x_n = 0.1$ m **(Ans.)**

এখানে,
চিরদ্বয়ের ব্যবধান,
$a = 0.1\text{ mm} = 0.1 \times 10^{-3}$ m
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 2$ m
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000\text{ Å} = 5000 \times 10^{-10}$ m
উজ্জ্বল পট্টির ক্রম, $n = 10$
দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $x_n = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $X_{10} = 0.1$ m।

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দশম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব,

$$\overline{X}_{10} = \frac{2n-1}{2}\left(\frac{D\lambda}{a}\right)$$
$$= \frac{2 \times 10 - 1}{2} \times \frac{2 \times 5 \times 10^{-7}}{10^{-4}}\text{ m}$$
$$= 0.095\text{ m}$$

অতএব, কৌণিক ব্যবধান,

$$\Delta\theta = \tan^{-1}\frac{X_{10}}{D} - \tan^{-1}\frac{\overline{X}_{10}}{D}$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{0.1}{2}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{0.095}{2}\right)$$
$$= 0.143°$$

এখানে,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000$ Å
$= 5 \times 10^{-7}$ m
চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.1$ mm
$= 10^{-4}$ m
চিড় হতে পর্দার দূরত্ব,
$D = 2$ m

অতএব, দশম উজ্জ্বল ও দশম অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধান 0.143°।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ ঢাকা কমার্স কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ৪

বায়ু মাধ্যমে ইয়াং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 6800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হলো। উক্ত পরীক্ষায় পর্দার দূরত্ব 120 cm ও চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 3 mm রাখা হলো। পরবর্তীতে পরীক্ষাটি কেরোসিন মাধ্যমে সম্পন্ন করা হলো (কেরোসিনের প্রতিসরণাঙ্ক 1.44)

ক. সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. ব্যতিচার ও অপবর্তনের পার্থক্য লিখ। ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে ৭ম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন মাধ্যমে ডোরার প্রস্থ অধিক পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণপূর্বক মন্তব্য কর। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ ব্যতিচার ও অপবর্তনের পার্থক্য নিম্নে দেওয়া হলো:

ব্যতিচার	অপবর্তন
i. দুটি সুসংগত উৎস হতে একই মাধ্যমের কোনো বিন্দুতে আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে ব্যতিচার সৃষ্টি হয়।	i. একটি তরঙ্গ মুখের বিভিন্ন অংশ হতে নির্গত গৌণ তরঙ্গসমূহের উপরিপাতনের ফলে অপবর্তন সৃষ্টি হয়।
ii. ব্যতিচার ঝালরের পট্টিগুলোর বেধ সাধারণত সমান হয় আবার কখনো অসমান হয়।	ii. অপবর্তন ঝালরের পট্টিগুলোর বেধ কখনো সমান হয় না।
iii. ব্যতিচারের ক্ষেত্রে অন্ধকার পট্টিতে কোনো আলো থাকে না।	iii. অপবর্তনের ক্ষেত্রে অন্ধকার পট্টিগুলোতেও কিছু আলো থাকে।
iv. ব্যতিচারে সব উজ্জ্বল পট্টিগুলোর আলোক প্রাবল্য সমান থাকে।	iv. অপবর্তনে উজ্জ্বল পট্টিগুলোর প্রত্যেকটিতে আলোক প্রাবল্য কখনই সমান থাকে না।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.904×10^{-3} m।

ঘ আমরা জানি,

ডোরার প্রস্থ, $\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$

এখন বায়ুতে, ডোরা প্রস্থ,

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$$

$$= \frac{6800 \times 10^{-10} \times 1.2}{2 \times 3 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.36 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

কেরোসিনের প্রতিসরণাঙ্ক,

$$\mu_k = \frac{\lambda_a}{\lambda_k} = 1.44$$

বা, $\lambda_k = \frac{\lambda_a}{1.44} = \frac{6800 \times 10^{-10}}{1.44}$

$$= 4.72 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

অতএব, কেরোসিনে ডোরার প্রস্থ,

$$\Delta x' = \frac{\lambda_k D}{2a} = \frac{4.72 \times 10^{-7} \times 1.2}{2 \times 3 \times 10^{-3}}$$

$$= 9.44 \times 10^{-5}\ \text{m}$$

এখানে,

বায়ুতে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda_a = 6800$ Å $= 6800 \times 10^{-10}$ m

চির হতে পর্দার দূরত্ব, D = 120 cm = 1.2 m

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, a = 3 mm = 3×10^{-3} m

কেরোসিনের প্রতিসরণাঙ্ক,

$\mu_k = 1.44$

কেরোসিনে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda_k = ?$

এখানে, $\Delta x > \Delta x'$। অতএব, বায়ুতে ডোরার প্রস্থ অধিক পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা ॥ প্রশ্ন নং ৩

ইয়াং এর দ্বি-চির পরীক্ষণে ব্যবহৃত আলোক উৎসের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5896 Å চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2mm এবং চির ও পর্দার লম্ব দূরত্ব 1 m। পরবর্তীতে চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক এবং চির ও পর্দার দূরত্ব দ্বিগুণ করা হলো।

ক. পয়েন্টিং ভেক্টর কী? ১

খ. সুসংগত উৎসের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে দশম উজ্জ্বল ডোরার কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ডোরা প্রস্থ পরিবর্তন হয়— গাণিতিক ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে লম্বভাবে স্থাপিত তলের একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে অতিক্রান্ত শক্তিই হলো পয়েন্টিং ভেক্টর।

খ সুসংগত উৎসের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো—

১. সুসংগত উৎস হতে নিঃসৃত আলোক তরঙ্গগুলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য একই মানের হয়।

২. আলোক তরঙ্গয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যে নিঃসৃত হয়। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকে।

৩. উৎস দুটি খুব কাছাকাছি অবস্থান করে এবং ছোট হয়।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ রাজেন্দ্রপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, গাজীপুর ॥ প্রশ্ন নং ৭

একজন শিক্ষার্থী 0.2 mm ব্যবধানের দুটি সরু চির হতে 1 m দূরে একটি পর্দা স্থাপন করে চিরটিকে 6800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যর আলো দ্বারা আলোকিত করে কেন্দ্রীয় চরম থেকে পঞ্চম অন্ধকার ব্যতিচার ঝালর পর্যবেক্ষণ করল।

ক. P-type কী? ১

খ. ধ্বংসাত্মক ও গঠনমূলক ব্যতিচার বলতে কী বুঝ? ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা থেকে পঞ্চম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের পরীক্ষণটি পানি মাধ্যমে ($\mu = 4/3$) করা হলে ডোরার প্রস্থের কীরূপ পরিবর্তন হবে? ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অর্ধপরিবাহী পদার্থে ত্রি-যোজী মৌল ভেজাল বা অপদ্রব্য হিসেবে মেশালে তাদের মধ্যে ধনাত্মক আধান বাহক হোল গরিষ্ঠ আধান বাহক হিসেবে কাজ করে। এ ধরনের অর্ধপরিবাহীই p-type অর্ধপরিবাহী।

খ যেসব বিন্দুতে উপরিপাতিত তরঙ্গদ্বয়ের পথপার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর অযুগ্ম গুণিতক হয়, অর্থাৎ পথ পার্থক্য $= (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$ হয়। যেখানে $n = 0, \pm 1, \pm 2,$ …… ইত্যাদি, সেসব বিন্দুতে সৃষ্ট ব্যতিচার হলো ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার।

আবার, যেসব বিন্দুতে উপরিপাতিত তরঙ্গদ্বয়ের পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর যুগ্ম গুণিতক হয়, অর্থাৎ পথ পার্থক্য $= 2n.\frac{\lambda}{2}$ হয়। যেখানে $n = 0, \pm 1, \pm 2,$ ……… ইত্যাদি, সেসব বিন্দুতে সৃষ্ট ব্যতিচার হলো গঠনমূলক ব্যতিচার।

গ ৪৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.0153 m।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বাতাসে ডোরার প্রস্থ, $b_1 = 1.7 \times 10^{-3}$ m, পানিতে ডোরার প্রস্থ, $b_2 = 1.275 \times 10^{-3}$m। পরীক্ষণটি পানিতে সম্পন্ন করলে ডোরা প্রস্থের পরিবর্তন হবে $(1.7 \times 10^{-3} - 1.275 \times 10^{-3}) = 4.25 \times 10^{-4}$ m।

প্রশ্ন ▸ ৫৭ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ❚ প্রশ্ন নং ৮

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় সাজু 4200 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করলো। এ পরীক্ষায় চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.86 mm এবং পর্দার দূরত্ব 1.55 m। আবার রিপন অপর একটি পরীক্ষায় চির হতে পর্দার দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে 5800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করলো, যেখানে চিরদ্বয়ের ব্যবধান 5×10^{-4} cm।

ক. তরঙ্গামুখ কাকে বলে? ১

খ. হাইগেনের নীতি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সাজুর পরীক্ষায় পরপর দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী ব্যবধান নির্ণয় কর। ৩

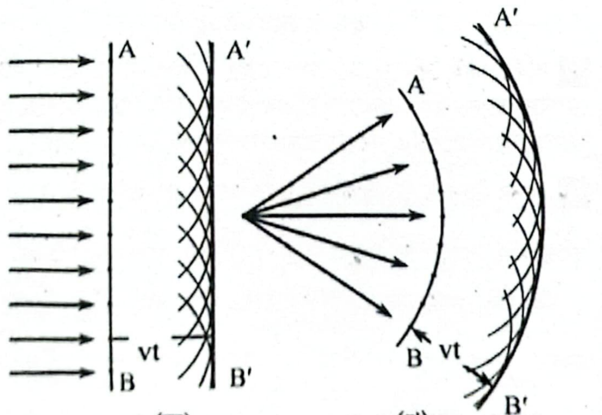
ঘ. উদ্দীপকের রিপনের পরীক্ষায় দ্বিতীয় উজ্জ্বল ডোরা এবং দ্বিতীয় অন্ধকার ডোরার মধ্যকার কৌণিক অবস্থান গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তুলনা কর। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশা সম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গামুখ বলে।

খ হাইগেনের নীতিটি হলো— একটি তরঙ্গামুখের উপরস্থ সকল বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ (Secondary Wave) উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গামুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।

ধরা যাক, AB একটি সমতল অথবা গোলীয় তরঙ্গামুখ বাম থেকে ডান দিকে অগ্রসর হচ্ছে। হাইগেনের নীতি অনুসারে এর উপরস্থ সব বিন্দু গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে ক্রিয়া করবে অর্থাৎ প্রতিটি বিন্দু থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হবে। তরঙ্গের দ্রুতি v হলে প্রতিটি বিন্দু থেকে উৎপন্ন গৌণ তরঙ্গের তরঙ্গামুখ t সময়ে সামনের দিকে vt দূরত্ব অতিক্রম করবে। এখন vt ব্যাসার্ধ নিয়ে AB এর উপরস্থ প্রতিটি বিন্দুকে কেন্দ্র করে একটি করে বৃত্তচাপ অঙ্কন করা হলে বৃত্তচাপগুলো t সময় পর গৌণ তরঙ্গগুলোর তরঙ্গামুখ নির্দেশ করবে। এ বৃত্তচাপগুলোর সাধারণ স্পর্শক A′B′ হবে ঐ সময় তরঙ্গামুখের নতুন অবস্থান।



(ক) (খ)

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 7.57×10^{-4} m।

ঘ রিপনের পরীক্ষার ক্ষেত্রে,

দ্বিতীয় উজ্জ্বল ডোরার কৌণিক অবস্থান θ_2 হলে,

$$a\sin\theta_2 = n\lambda$$

$$\text{বা, } \sin\theta_2 = \frac{n\lambda}{a}$$

$$\text{বা, } \theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{a}\right)$$

$$= \sin^{-1}\left(\frac{2 \times 5800 \times 10^{-10}}{5 \times 10^{-6}}\right)$$

$$= 13.415°$$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 5 \times 10^{-4}$ cm $= 5 \times 10^{-6}$ m
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5800$ Å
$= 5800 \times 10^{-10}$ m
ক্রম, n = 2

দ্বিতীয় অন্ধকার ডোরার কৌণিক অবস্থান θ_2' হলে,

$$a\sin\theta_2' = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\text{বা, } \sin\theta_2' = (2n-1)\frac{\lambda}{2a}$$

$$\text{বা, } \theta_2' = \sin^{-1}\left\{\frac{(2n-1)\lambda}{2a}\right\}$$

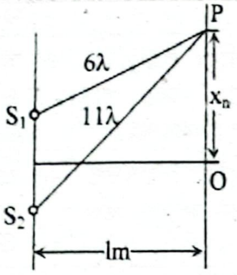
$$= \sin^{-1}\left\{\frac{(2 \times 2 - 1) \times 5800 \times 10^{-10}}{2 \times 5 \times 10^{-6}}\right\} = 10.02°$$

এখানে,
ক্রম, n = 2

$\therefore$ কৌণিক ব্যবধান $= \theta_2 - \theta_2' = 13.415° - 10.02° = 3.395°$

অর্থাৎ, উদ্দীপকের রিপনের পরীক্ষার দ্বিতীয় উজ্জ্বল ডোরা এবং দ্বিতীয় অন্ধকার ডোরার মধ্যকার কৌণিক অবস্থান 3.395°।

প্রশ্ন ▸ ৫৮ নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ ❚ প্রশ্ন নং ৪



ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষা ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 6400 Å এবং চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.25 mm।

ক. আলোর সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে, না— আপেক্ষিক তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল O হতে P বিন্দুর দূরত্ব, X_n এর মান কত? ৩

ঘ. P বিন্দুতে প্রাপ্ত ডোরা এবং ৫ম অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব একটি উজ্জ্বল ডোরার প্রস্থের সমান-কথাটির সত্যতা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোর সমবর্তন বলে।

খ আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্বের মতে কোন বস্তুর ভর ধ্রুবক নয়, আপেক্ষিক। v বেগে গতিশীল কোনো পর্যবেক্ষকের ভর হবে নিশ্চল ভরের $\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ গুণ। অর্থাৎ, $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে, কোনো বস্তু আলোর বেগে গতিশীল হলে অর্থাৎ v = c হলে, বস্তুর ভর অসীম হয়ে যায় যা সম্ভব নয়। এজন্য কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে না।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $X_n = 0.0128$ m।

ঘ ৫ম অন্ধকার ডোরার জন্য,

$$x_n' = \frac{(2n-1)\lambda D}{2a}$$

$$= \frac{(2 \times 5 - 1) \times 6400 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 0.25 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.01152 \text{ m}$$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
a = 0.25 mm
$= 0.25 \times 10^{-3}$ m
চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব,
D = 1 m

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 6400$ Å
$= 6400 \times 10^{-10}$ m
ক্রম, $n = 5$

খ হতে প্রাপ্ত, P বিন্দুতে প্রাপ্ত ডোরার জন্য, $x_n = 0.0128$ m

অতএব, মধ্যবর্তী দূরত্ব $= x_n - x_n'$
$= (0.0128 - 0.01152)$ m
$= 1.28 \times 10^{-3}$ m

আবার, একটি উজ্জ্বল ডোরার প্রস্থ, $b = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{6400 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 0.25 \times 10^{-3}}$
$= 1.28 \times 10^{-3}$ m

অর্থাৎ, P বিন্দুতে প্রাপ্ত ডোরা এবং ৫ম অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব একটি উজ্জ্বল ডোরার প্রস্থের সমান- কথাটি সত্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর ॥ প্রশ্ন নং ৫

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 589 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হলো এবং বায়ুতে ডোরার প্রস্থ 2.5mm পাওয়া গেল। পরবর্তীতে একই মাধ্যমে 450 nm এবং 310 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দিয়ে ডোরার অবস্থান পর্যবেক্ষণ করা হলো।

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কী? ১
খ. পয়েন্টিং ভেক্টর ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকের ১ম উৎসের ক্ষেত্রে পরীক্ষণটি 1.33 প্রতিরাঙ্কের তরলে করা হলে ডোরার প্রস্থ কত হবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোক উৎসের পরিবর্তনের সাথে সাথে পর্দার একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে উজ্জ্বল ডোরার ক্রম বাড়বে নাকি কমেব? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপবর্তন গ্রেটিং-এ যে কোনো একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বই হলো গ্রেটিং ধ্রুবক।

খ তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো এই যে, এই তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি বহন করতে পারে। কোনো তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতিপথে লম্বভাবে স্থাপিত কোনো একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ শক্তি অতিক্রম করে ঐ শক্তির মান ও তার প্রবাহের দিককে একত্রে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে। একে $\vec{S}$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তড়িৎক্ষেত্র $\vec{E}$, চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B}$ ও পয়েন্টিং ভেক্টর $\vec{S}$-এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক হলো : $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{E} \times \vec{B})$ অর্থাৎ $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ এবং একক হলো Wm^{-2}। যেহেতু S একটি ভেক্টর রাশি এর দিক হবে যেদিকে শক্তি স্থানান্তরিত হয় সেদিক।

গ আমরা জানি,
$\beta = \frac{D\lambda}{2a}$
বা, $\frac{D}{a} = \frac{2\beta}{\lambda}$
$= \frac{2 \times 2.5 \times 10^{-3}}{589 \times 10^{-9}}$
$= 8488.96$

এখানে,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী ব্যবধান, a
এবং চির হতে পর্দার দূরত্ব, D।
বায়ুতে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 589$ nm
$= 589 \times 10^{-9}$ m
ডোরার প্রস্থ, $\beta = 2.5$ mm
$= 2.5 \times 10^{-3}$ m

পরীক্ষাটি $\mu = 1.33$ প্রতিসরাঙ্কের তরলে করা হলে, উক্ত তরলে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda' = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{589 \times 10^{-9}}{1.33} = 442.857 \times 10^{-9}$ m

∴ উক্ত মাধ্যমে ডোরার প্রস্থ,
$\beta' = \frac{D\lambda}{2a} = \frac{D}{a} \times \frac{\lambda'}{2}$
$= 8488.96 \times \frac{442.857 \times 10^{-9}}{2}$
$= 1.88 \times 10^{-3}$ m
$= 1.88$ mm (Ans.)

ঘ ধরি,
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী ব্যবধান a,
চির হতে পর্দার দূরত্ব D ও পর্দার দৈর্ঘ্য L

১ম ক্ষেত্রে,
$\beta_1 = \frac{\lambda_1 D}{2a}$
বা, $a = \frac{\lambda_1 D}{2 \times \beta_1}$
$= \frac{589 \times 10^{-9} \times D}{2 \times 2.5 \times 10^{-3}}$
$= 1.178 \times 10^{-4}$ D

এখানে,
১ম ক্ষেত্রে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_1 = 589$ nm $= 589 \times 10^{-9}$ m
বায়ুতে ডোরার প্রস্থ,
$\beta_1 = 2.5$ mm $= 2.5 \times 10^{-3}$ m
পরবর্তীতে ব্যবহৃত আলোগুলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য যথাক্রমে,
$\lambda_2 = 450$ nm $= 450 \times 10^{-9}$ m
$\lambda_3 = 310$ nm $= 310 \times 10^{-9}$ m

১ম ক্ষেত্রে, পর্দায় উজ্জ্বল ডোরার সংখ্যা, n_1 হলে,
$n_1 = \frac{L}{2\beta_1} = \frac{L}{2 \times 2.5 \times 10^{-3}}$

পর্দার অবস্থান নির্দিষ্ট হওয়ায়,
$\beta_2 = \frac{\lambda_2 D}{2a} = \frac{450 \times 10^{-9} \times D}{2 \times 1.178 \times 10^{-4} D} = 1.91 \times 10^{-3}$ m

সুতরাং উজ্জ্বল ডোরা সংখ্যা, $n_2 = \frac{L}{2\beta_2} = \frac{L}{2 \times 1.91 \times 10^{-3}}$

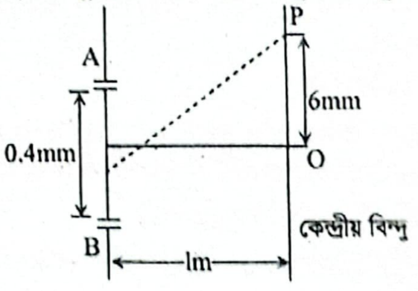
আবার,
$\beta_3 = \frac{\lambda_3 D}{2a}$
$= \frac{310 \times 10^{-9} \times D}{2 \times 1.178 \times 10^{-4}} D = 1.316 \times 10^{-3}$ m

সুতরাং উজ্জ্বল ডোরা সংখ্যা,
$n_3 = \frac{L}{2\beta_3} = \frac{L}{2 \times 1.316 \times 10^{-3}}$

সুতরাং ডোরা সংখ্যার অনুপাত
$n_1 : n_2 : n_3 = \frac{L}{2 \times 2.5 \times 10^{-3}} : \frac{L}{2 \times 1.91 \times 10^{-3}} : \frac{L}{2 \times 1.316 \times 10^{-3}}$
বা, $n_1 : n_2 : n_3 = 1 : 1.31 : 1.9$
এখানে দেখা যাচ্ছে যে, $n_3 > n_2 > n_1$
অর্থাৎ তরঙ্গদৈর্ঘ্য কমার সাথে সাথে পর্দার একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে উজ্জ্বল ডোরার সংখ্যা বাড়বে।

প্রশ্ন ▶ ৬০ রাজশাহী কলেজ ॥ প্রশ্ন নং ৫

চিত্রে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল বিন্দু O হতে ৪র্থ চরম বিন্দু P এর দূরত্ব 6 mm

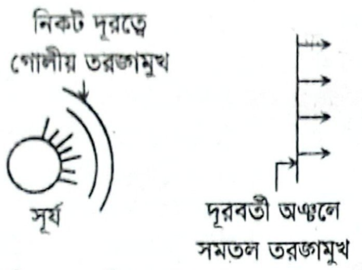


ক. আলোর সমবর্তনে ম্যালাসের সূত্র লিখ। ১
খ. সূর্য থেকে আগত তরঙ্গমুখের প্রকৃতি কী রূপ হবে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব অর্ধেক করা হলে, ডোরার ব্যবধান বর্তমান ডোরার প্রস্থের সমান হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিশ্লেষকের মধ্য দিয়ে সমবর্তিত আলো গমনের ফলে এর তীব্রতা সমবর্তক ও বিশ্লেষকের নিঃসরণ তলের মধ্যবর্তী কোণের cosine-এর বর্গের সমানুপাতিক।

খ



আমরা জানি, তরঙ্গস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলো যে তলে অবস্থান করে, তাকে সৃষ্ট তরঙ্গের তরঙ্গমুখ বলে। এখন, তরঙ্গস্থিত সমদশাসম্পন্ন কণাগুলোর সঞ্চারপথ সমতল হলে তাকে সমতল তরঙ্গমুখ বলে। উৎস থেকে দূরবর্তী অঞ্চলে তরঙ্গমুখের বক্রতা কমতে থাকে। বহুদূরবর্তী কোনো উৎস থেকে আগত তরঙ্গমুখের বক্রতা এত সামান্য যে এর অংশবিশেষকে সমতল ধরা যায়। সে কারণে সূর্য থেকে আগত আলোর তরঙ্গমুখের প্রকৃতি সমতল হবে।

গ আমরা জানি,

$$X_n = \frac{nD\lambda}{a}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{X_n a}{nD}$$

$$= \frac{6 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 10^{-3}}{4 \times 1}$$

$$= 6 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

আবার,

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{6 \times 10^{-7}}$$

$$= 3.315 \times 10^{-19}\ \text{J}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল বিন্দু হতে ৪র্থ চরম বিন্দুর দূরত্ব $X_n = 6\text{mm} = 6 \times 10^{-3}$ m
ক্রম, $n = 4$
চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.4$ mm $= 0.4 \times 10^{-3}$ m
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
শূন্যস্থান আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^{8}\ \text{ms}^{-1}$
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$
ব্যবহৃত আলোর শক্তি, $E = ?$

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬১ সরকারি এডওয়ার্ড কলেজ, পাবনা ▌প্রশ্ন নং ৮

ইয়াং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 5000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো একটি সূক্ষ্ম চিড় হতে সম্মুখবর্তী দ্বি-চির-এ আপতিত করা হলো। এতে দ্বি-চির হতে 80 cm দূরে পর্দায় 5.92×10^{-5} m দৈর্ঘ্যে 15টি ডোরা পাওয়া গেল। এরপর আবার দ্বি-চির হতে পর্দার দূরত্ব তিনগুণ করে ডোরার অবস্থান পর্যবেক্ষণ করা হলো।

ক. তড়িৎ ফ্লাক্স কী? ১
খ. আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি করলে ফটোতড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পায় কিন্তু ইলেকট্রনের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. দুইটি চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব কত? ৩
ঘ. দ্বি-চির হতে পর্দার দূরত্বের উক্ত পরিবর্তনের ফলে ডোরার প্রস্থের কোন পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তল বা ক্ষেত্রের মধ্যে দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ বলরেখার সংখ্যাই তড়িৎ ফ্লাক্স।

খ কোয়ান্টাম তত্ত্বানুযায়ী আলো পৃথক পৃথক কোয়ান্টামের সমষ্টি এবং f কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোর জন্য প্রত্যেক ফোটনের শক্তি E = hf। তাই আলোর তীব্রতা বৃদ্ধির সাথে সাথে ফোটনের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় ফলে বেশি সংখ্যক ইলেকট্রন মুক্ত হয় এবং ফটোতড়িৎ প্রবাহ বাড়ে। কিন্তু আলোর কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকায় ফোটনের শক্তি বৃদ্ধি পায় না। তাই $hf = K_{max} + \phi$ বা, $K_{max} = hf - \phi$ সমীকরণ অনুযায়ী ইলেকট্রনের গতিশক্তি আলোর কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল। আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি পেলেও কম্পাঙ্ক f একই থাকায় ইলেকট্রনের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় না।

গ 1টি ডোরার প্রস্থ δ_x হলে

$$\delta_x = \frac{L}{n}$$

$$= \frac{5.92 \times 10^{-5}}{15}$$

$$= 3.9467 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

আমরা জানি,

$$\text{ডোরা প্রস্থ, } \delta_x = \frac{\lambda D}{2a}$$

$$\text{বা, } a = \frac{\lambda D}{2\delta_x}$$

$$= \frac{5 \times 10^{-7} \times 0.8}{2 \times 3.9467 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore a = 0.05067\ \text{m}$$

$$= 5.067\ \text{cm}\ \textbf{(Ans.)}$$

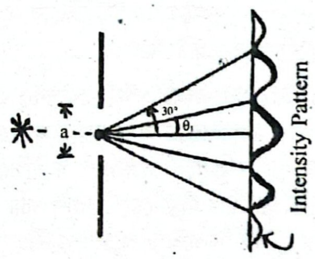
এখানে,
কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 15 তম ডোরার দূরত্ব, $X_{15} = 5.92 \times 10^{-5}$ m
ডোরা সংখ্যা, $n = 15$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5000$ Å
$= 5 \times 10^{-7}$ m
চিড় হতে পর্দার দূরত্ব,
$D = 80$ cm
$= 0.8$ m
দুইটি চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = ?$

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: পূর্বের ডোরা প্রস্থ $\delta_x = 3.9467 \times 10^{-6}$ m, নতুন ডোরা প্রস্থ, $S_x^1 = 1.185 \times 10^{-5}$ m। ডোরা প্রস্থ বৃদ্ধি পাবে $= (1.184 \times 10^{-5} - 3.9467 \times 10^{-6}) = 7.8933 \times 10^{-6}$ m।

প্রশ্ন ▶ ৬২ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর ▌প্রশ্ন নং ৫

4000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলোক রশ্মি নিচের চিত্রানুসারে একক চিরের উপর আপতিত হয় এবং পর্দার উপর Intensity Pattern তৈরি করে।



ক. আলোর ব্যতিচার কাকে বলে? ১
খ. পয়েন্টিং ভেক্টর ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপক হতে a এর মান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের তথ্য হতে কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি কোণ নির্ণয় সম্ভব কি-না গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি অবস্থিত দুটি সংগত উৎস থেকে নির্গত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হওয়াকে আলোর ব্যতিচার বলে।

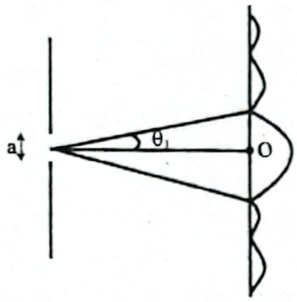
খ তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গের একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো এই যে, তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি বহন করতে পারে। কোনো তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতিপথে লম্বভাবে স্থাপিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ শক্তি অতিক্রম করে, ঐ শক্তির মান ও তার প্রবাহের দিককে একত্রে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে। একে $\vec{S}$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তড়িৎক্ষেত্র $\vec{E}$, চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B}$ ও পয়েন্টিং ভেক্টর $\vec{S}$-এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক হলো : $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{E} \times \vec{B})$ অর্থাৎ $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ এবং একক হলো Wm^{-2}। যেহেতু S একটি ভেক্টর রাশি, এর দিক হবে যেদিকে শক্তি স্থানান্তরিত হয় সেদিক।

গ চিত্রের পরীক্ষাটি হলো একক চিরের দরুন অপবর্তন। চিত্র থেকে দেখা যায়, ২য় অবমের অপবর্তন কোণ, $\theta = 30°$

আমরা জানি,
অবমের ক্ষেত্রে,
$a\sin\theta = n\lambda$
বা, $a = \frac{n\lambda}{\sin\theta} = \frac{(2 \times 2 + 1) \times 4 \times 10^{-7}}{\sin 30°}$
$\therefore a = 1.6 \times 10^{-6}$ m (Ans.)

এখানে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000$ Å
$= 4 \times 10^{-7}$ m
ক্রম, $n = 2$
অপবর্তন কোণ, $\theta = 30°$
চিরের প্রস্থ, $a = ?$

ঘ
'গ' থেকে পাই, চিরের প্রস্থ,
$a = 1.6 \times 10^{-6}$ m
চিত্র থেকে দেখা যায়,
১ম অবমের অপবর্তন কোণ θ_1 হলে,
কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি কোণ,
$\theta = 2\theta_1$
১ম অবমের ক্ষেত্রে,
আমরা জানি,
$a\sin\theta_1 = n\lambda$
বা, $\sin\theta_1 = \frac{n\lambda}{a}$



বা, $\theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{a}\right)$
$= \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 4 \times 10^{-7}}{1.6 \times 10^{-6}}\right)$

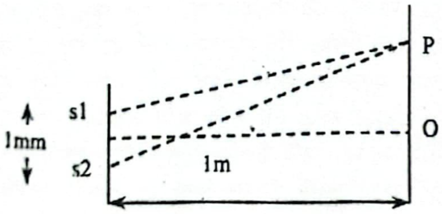
এখানে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000$ Å
$= 4 \times 10^{-7}$ m
ক্রম, $n = 1$

$\therefore \theta_1 = 14.48°$
$\therefore$ কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি,
$\theta = 2\theta_1$
$= 2 \times 14.48°$
$= 28.96°$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের তথ্য হতে কেন্দ্রীয় চরমের বিস্তৃতি কোণ নির্ণয় সম্ভব এবং তা 28.96°।

প্রশ্ন ▸ ৬৩ চট্টগ্রাম কলেজ I প্রশ্ন নং ৪

চিত্রে বায়ুতে আপতিত আলোর কম্পাঙ্ক 10^{16} Hz। P বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয়ের দশা পার্থক্য 10π



ক. পয়েন্টিং ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. আলোর ব্যতিচারে সুসংগত উৎস ব্যবহার করা হয় কেন? ২
গ. O ও P বিন্দুর দূরত্ব কত? ৩
ঘ. যদি D কে 50% কমানো হয় এবং a কে 20% বাড়ানো হয় তাহলে পানিতে OP এর মধ্যে উজ্জ্বল ডোরার সংখ্যার কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। (পানির ক্ষেত্রে $\mu_w = 1.33$) ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে লম্বভাবে স্থাপিত তলের একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে অতিক্রান্ত শক্তিকে পয়েন্টিং ভেক্টর বলে।

খ ব্যতিচারের জন্য প্রয়োজনীয় আলোক তরঙ্গগুলোর একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে এবং আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা-পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এ দশা পার্থক্য সব সময় যার জন্য বজায় থাকতে হবে। এ সকল বৈশিষ্ট্য কেবল সুসংগত আলোক উৎসে রয়েছে বিধায় আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয়।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.15 mm।

ঘ OP অবস্থানে পথ পার্থক্য Δx হলে,

$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$
বা, $10\pi = \frac{2\pi}{\lambda}.\Delta x$
বা, $\Delta x = 5\lambda$

এখানে,
দশা পার্থক্য, $\phi = 10\pi$

যা $\Delta x = n\lambda$ এর অনুরূপ যেখানে, $n = 5$। আবার, গঠনমূলক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে পথ পার্থক্য $\Delta x = a\sin\theta = n\lambda$ হওয়ায় P বিন্দুতে 5 তম উজ্জ্বল ডোরা তৈরি হবে।

এখন, দূরত্ব $OP = X_n$ হলে,
$X_n = \frac{n\lambda D}{a}$
$= \frac{nD}{a} \times \frac{c}{f}$ $[\because c = f\lambda$ বা, $\lambda = \frac{c}{f}]$
$= \frac{5 \times 1 \times 3 \times 10^8}{1 \times 10^{-3} \times 10^{16}}$
$= 1.5 \times 10^{-4}$

এখানে,
চিরদ্বয়ের দূরত্ব,
$a = 1$ mm $= 1 \times 10^{-3}$m
চির হতে পর্দার দূরত্ব,
$D = 1$ m
কম্পাঙ্ক, $f = 10^{16}$Hz
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ms^{-1}

চির হতে পর্দার দূরত্ব, D 50% কমালে, $D' = D - D \times 50\%$
$= D - 0.5D$
$= 0.5D$
$= (0.5 \times 1)$ m $= 0.5$ m

চিরদ্বয়ের দূরত্ব, a 20% বাড়ানো হলে, $a' = a + a \times 20\%$
$= a + 0.2a = 1.2a$
$= 1.2 \times 1 \times 10^{-3}$ m
$= 1.2 \times 10^{-3}$ m

পানিতে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ' হলে,
$\lambda' = \frac{\lambda}{\mu_w} = \frac{c}{f\mu_w} = \frac{3 \times 10^8}{10^{16} \times 1.33}$
$= 2.256 \times 10^{-8}$ m

এখন, P বিন্দুতে n' তম উজ্জ্বল ডোরা তৈরি হলে, $X_n = \frac{n'\lambda'D'}{a'}$

বা, $n' = \frac{X_n a'}{\lambda' D'}$
$= \frac{1.5 \times 10^{-4} \times 1.2 \times 10^{-3}}{2.256 \times 10^{-8} \times 0.5}$
$= 15.96 \approx 16$
$\therefore n' = 16 > 5$

সুতরাং, P বিন্দুতে 16তম উজ্জ্বল ডোরা তৈরি হবে। অর্থাৎ OP অবস্থানে ডোরার সংখ্যা বাড়বে।

প্রশ্ন ▸ ৬৪ চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ I প্রশ্ন নং ৪

প্রতি মিটারে 8×10^5 সংখ্যক রেখা সম্পন্ন কোনো অপবর্তন গ্রেটিং-এর মধ্য দিয়ে 540 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো কোনো ফিল্টারের সাহায্যে লম্বভাবে আপতিত করা হলো।

ক. সুসংগত উৎসের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. স্থায়ী ব্যতিচার সৃষ্টির শর্তগুলো লিখো। ২
গ. উদ্দীপকের আলোর ১ম ক্রমের জন্য অপবর্তন কোণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে ৪র্থ ক্রমের অপবর্তন সম্ভব কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণ করো মতামত দাও। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি উৎস হতে সমদশা সম্পন্ন বা কোনো নির্দিষ্ট দশা পার্থক্যের একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হলে তাদেরকে সুসংগত উৎস বলে।

খ স্থায়ী ব্যতিচার পাওয়ার শর্তগুলো নিম্নরূপ:

i. আলোর উৎস দু'টি সংগত হতে হবে।

ii. যে দুটি তরঙ্গের ব্যতিচার ঘটবে তাদের বিস্তার সমান বা প্রায় সমান হতে হবে।

iii. উৎসগুলো খুব কাছাকাছি অবস্থিত হতে হবে।

iv. উৎসগুলো খুব সূক্ষ্ম হতে হবে।

গ আমরা জানি,

$d \sin\theta = n\lambda$

বা, $\frac{1}{N}\sin\theta = n\lambda$

বা, $\sin\theta = \frac{n\lambda}{\frac{1}{N}} = \frac{1 \times 540 \times 10^{-9}}{\frac{1}{8 \times 10^5}}$

বা, $\sin\theta = 0.4321$

$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.4321) = 25.6°$

এখানে,
ক্রমসংখ্যা, $n = 1$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 540 \text{ nm} = 540 \times 10^{-9}\text{m}$
একক দৈর্ঘ্যে (প্রতি মিটারে) দাগ সংখ্যা, $N = 8 \times 10^5$
অপবর্তন কোণ, $\theta = ?$

অর্থাৎ, উদ্দীপকের আলোর ১ম ক্রমের জন্য অপবর্তন কোণ 25.6° **(Ans.)**

ঘ

আমরা জানি,

$d \sin\theta = n\lambda$

বা, $\frac{\sin\theta}{N} = n\lambda \; [\because d = \frac{1}{N}]$

বা, $\sin\theta = nN\lambda$

বা, $\sin\theta = 4 \times 8 \times 10^5 \times 540 \times 10^{-9}$

$\therefore \sin\theta = 1.728$, যা অসম্ভব।

কারণ, $\sin\theta$ এর সর্বোচ্চ মান 1।

এখানে,
ক্রমসংখ্যা, $n = 4$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 540$ nm $= 540 \times 10^{-9}$ m
প্রতি মিটারে রেখার সংখ্যা,
$N = 8 \times 10^5$
অপবর্তন কোণ, $\theta = ?$

সুতরাং, উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায়, উদ্দীপকের আলোকে ৪র্থ ক্রমের অপবর্তন সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৭

ইয়ং-এর দ্বি-চির পরীক্ষায় 5000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো প্রয়োগ করা হল। চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.1 mm এবং চির হতে পর্দার দূরত্ব 2 m।

ক. গাউসের সূত্রটি লিখ। ১

খ. ব্যতিচার শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে— 'গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দশম উজ্জ্বল ডোরায় দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দশম উজ্জ্বল ডোরা এবং দশম অন্ধকার ডোরার মধ্যকার কৌণিক অবস্থান তুলনা করো। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রে কোনো কল্পিত বন্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের $\in_0$ গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ আমরা জানি, তরঙ্গের তীব্রতা বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ $I \propto a^2$ বা, $I = Ka^2$। এখন ব্যতিচারের ক্ষেত্রে উৎসদ্বয় থেকে নির্গত তরঙ্গের বিস্তার a হলে, তীব্রতা $I_0 = Ka^2$

ব্যতিচার না হলে দুটি উৎসের জন্য মোট তীব্রতা হতো $2\,Ka^2$

এখন ধ্বংসাত্মক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে তীব্রতা শূন্য এবং গঠনমূলক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে বিস্তার 2a। সুতরাং, গঠনমূলক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে, তীব্রতা $I = K(2a)^2 = 4Ka^2$

ধ্বংসাত্মক ও গঠনমূলক ব্যতিচারের গড় তীব্রতা $= \frac{0 + 4\,Ka^2}{2} = 2\,Ka^2$।

সুতরাং, ব্যতিচারের ক্ষেত্রে শক্তির সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় না। তাই বলা যায় যে, ব্যতিচার শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 10 cm।

ঘ 'গ' হতে পাই কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $X_{10} = 10 \text{ cm} = 0.1\text{m}$।

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দশম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব,

$\overline{X}_{10} = \frac{2n-1}{2}\left(\frac{D\lambda}{a}\right)$

$= \frac{2 \times 10 - 1}{2} \times \frac{2 \times 5 \times 10^{-7}}{10^{-4}}$

$= 0.095$ m

অতএব, কৌণিক ব্যবধান,

$\Delta\theta = 2\left(\tan^{-1}\frac{X_{10}}{D} - \tan^{-1}\frac{\overline{X}_{10}}{D}\right)$

এখানে,
ক্রমসংখ্যা, $n = 10$
চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 2$m
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,
$a = 0.1 \text{ mm} = 10^{-4}\text{m}$
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000\text{Å}$
$= 5 \times 10^{-7}\text{m}$

$= 2 \times \left\{\tan^{-1}\left(\frac{0.1}{2}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{0.095}{2}\right)\right\}$

$= 0.286°$

অতএব, দশম উজ্জ্বল ও দশম অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধান 0.286°।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৪

বায়ুতে ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 5200Å। চিড় হতে পর্দার দূরত্ব 1 m এবং চিড়দ্বয়ের ব্যবধান 0.4 mm। এই পরীক্ষণটি পরবর্তীতে 1.47 ও 1.66 প্রতিসরাংকের A ও B অপর দুটি মাধ্যমে সম্পন্ন করা হয়।

ক. আলোর সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. ব্যতিচারের ক্ষেত্রে উৎসদ্বয় খুবই কাছাকাছি রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বায়ুতে কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে দশম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B উভয় মাধ্যমেই সমান প্রস্থের ডোরা পাওয়া যাবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোর সমবর্তন বলে।

খ ব্যতিচারের ক্ষেত্রে উৎসগুলোর মধ্যকার দূরত্ব খুব ক্ষুদ্র হতে হয়। এই দুই সুসংগত উৎস হতে নির্গত রশ্মিসমূহের উপরিপাতনেই ব্যতিচার গঠিত হয়। উৎসগুলোর মধ্যবর্তী ব্যবধান খুব বেশি হলে পর্দায় এরা উপরিপাতিত হয় না। এছাড়া দূরত্ব খুব বেশি হলে তরঙ্গের কম্পনের দিক পরস্পর সমান্তরাল হয় না। তাই উপরিপাতনের বীজগাণিতিক সূত্র প্রয়োগ করা যায় না। ফলে স্পষ্ট উজ্জ্বল বিন্দু বা সম্পূর্ণ অন্ধকার বিন্দুও পাওয়া যায় না। এজন্য ব্যতিচারের ক্ষেত্রে উৎসদ্বয় খুবই কাছাকাছি রাখা হয়।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 13 mm

ঘ ২৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** A মাধ্যমে ডোরা প্রস্থ 4.42×10^{-4} m এবং B মাধ্যমে ডোরা প্রস্থ 3.89×10^{-4} m। সুতরাং, A ও B মাধ্যমে সমান প্রস্থের ডোরা পাওয়া যাবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৪

ইয়ং-এর দ্বি-চিড় পরীক্ষায় চিড় দুটির ব্যবধান 0.4 mm এবং চিড় থেকে পর্দার দূরত্ব 1 m। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 7800Å। পানির প্রতিসরণাঙ্ক 1.33।

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. আলোর ব্যতিচারে সুসংগত উৎস ব্যবহার করা হয়—ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের পরীক্ষণটি বায়ুতে সম্পন্ন করলে কেন্দ্রীয় চরম হতে ৮ম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পরীক্ষণটি পানিতে সম্পন্ন করলে ডোরা প্রস্থের পরিবর্তন হবে কি না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপবর্তন গ্রেটিং-এ যে কোনো একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ ব্যতিচারের জন্য প্রয়োজনীয় আলোক তরঙ্গগুলোর একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকতে হবে এবং আলোক তরঙ্গদ্বয় একই দশায় বা নির্দিষ্ট দশা-পার্থক্যে নিঃসৃত হতে হবে। এ দশা পার্থক্য সব সময়ের জন্য বজায় থাকতে হবে। এ সকল বৈশিষ্ট্য কেবল সুসংগত আলোক উৎসে রয়েছে বিধায় আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয়।

গ ২৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 14.625 mm।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বাতাসে ডোরা প্রস্থ = 0.975 mm ও পানিতে ডোরা প্রস্থ = 0.733 mm। সুতরাং, ডোরা প্রস্থ 0.975 – 0.733 = 0.242 mm কমে যাবে।

প্রশ্ন ▸ ৬৮ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ▮ প্রশ্ন নং ৮

একটি নিঃসরণ সমতল গ্রেটিং এ 8×10^{-7} m তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট আলোর জন্য প্রথম ক্রমের চরমের অপবর্তন কোণ পাওয়া গেলো 30°।

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. মাধ্যম পরিবর্তন হলে ব্যতিচার ডোরার পরিবর্তন হয়—ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গ্রেটিং-এ প্রতি মিলিমিটারে দাগের সংখ্যা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি 5952Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো এবং প্রতি সেন্টিমিটারে দাগের সংখ্যা 5200 ব্যবহার করা হয় তবে দ্বিতীয় ক্রমের চরমের অপবর্তন কোণ 30° হবে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপবর্তন গ্রেটিং-এ যেকোনো একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ ব্যতিচার ডোরার প্রস্থ, $b = \frac{\lambda D}{2a}$ যেখানে, λ = আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, D = চিড় হতে পর্দার দূরত্ব এবং a = চিড়ের প্রস্থ। মাধ্যম পরিবর্তন হলে আলোর বেগের পরিবর্তন হয়। ফলে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যেরও পরিবর্তন হয়। ব্যতিচারে ডোরা প্রস্থ যেহেতু আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের (λ) উপর নির্ভর করে, তাই মাধ্যম পরিবর্তন হলে ব্যতিচার ডোরার পরিবর্তন হয়।

গ আমরা জানি,

$$\frac{1}{N}\sin\theta = n\lambda$$

$$\text{বা, } N = \frac{\sin\theta}{n\lambda}$$

$$= \frac{\sin 30^\circ}{1 \times 8 \times 10^{-4}}$$

$$= 625\ \text{mm}^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 8 \times 10^{-7}$ m
$= 8 \times 10^{-4}$ mm
ক্রমসংখ্যা, n = 1
অপবর্তন কোণ, θ = 30°
প্রতি মিলিমিটারে দাগ সংখ্যা N = ?

ঘ আমরা জানি,

$$\frac{1}{N}\sin\theta = n\lambda$$

$$\text{বা, } \sin\theta = n\lambda N$$

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1}(2 \times 5952 \times 10^{-8} \times 5200)$$

$$= 38.24^\circ$$

এখানে, θ ≠ 30°

এখানে,
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5952$ Å
$= 5952 \times 10^{-10}$
$= 5952 \times 10^{-8}$ cm
প্রতি সে.মি. এ দাগের সংখ্যা, $N = 5200\ \text{cm}^{-1}$
ক্রমসংখ্যা, n = 2
অপবর্তন কোণ, θ = ?

সুতরাং, 5952Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো এবং প্রতি সেন্টিমিটারে দাগের সংখ্যা 5200 ব্যবহার করা হলে দ্বিতীয় ক্রমের চরমের অপবর্তন কোণ 30° হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৬৯ ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ▮ প্রশ্ন নং ৪

ইয়ং-এর দ্বি-চির পরীক্ষায়, দ্বি-চিরকে এক-চির থেকে 5 cm দূরে রাখা হলো। 5100 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সবুজ আলো এক-চির থেকে এসে দ্বি-চিরে আপতিত হলো। এক-চির থেকে 205 cm দূরে রাখা পর্দায় 10টি ডোরার ব্যবধান 2 cm। পরবর্তীতে পরীক্ষা ব্যবস্থাটি পানিতে সম্পন্ন করা হলো।

ক. অপবর্তন কী? ১

খ. ফ্রনহফার শ্রেণির অপবর্তনে উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের পরীক্ষণটি পানিতে সম্পন্ন করার পূর্বে ও পরে ডোরা প্রস্থের তুলনা করো। ৪

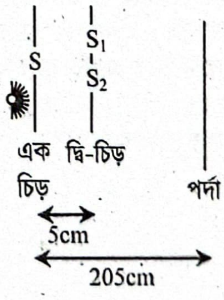
৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ণ ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মই অপবর্তন।

খ প্রতিবন্ধক বা ছিদ্র থেকে আলোক উৎস এবং পর্দা উভয়ই অসীম দূরত্বে থাকলে যেসব অপবর্তন ঘটে তাদের ফ্রনহফার শ্রেণির অপবর্তন বলে। উৎস ও পর্দার দূরত্ব কাছাকাছি হলে সেখান থেকেও ফ্রনহফার শ্রেণির অপবর্তন তৈরি করা যায়। এ জন্য একটি উত্তল লেন্স আলোক উৎস ও পর্দার মধ্যবর্তী স্থানে রাখতে হয়। উত্তল লেন্সের ফোকাসে আলোক উৎস স্থাপন করলে প্রতিসরণের পর আলোক রশ্মিগুলো সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়। সেগুলোকে কোনো প্রতিবন্ধক বা চিরের উপর আপতিত করে এ ধরনের অপবর্তন পাওয়া যায়। মূলত আলোক রশ্মিগুলো সমান্তরালভাবে পর্দার উপর ফেলার জন্যই উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়।

গ চিত্র থেকে পাই,

দ্বি-চির থেকে পর্দার দূরত্ব,
D = 205 cm – 5 cm = 200 cm
= 2 m
10টি ডোরার ব্যবধান 2 cm হলে
1টি ডোরার ব্যবধান $\delta x = \frac{2}{10}$ cm
$= 0.2$ cm
$= 0.002$ m



আমরা জানি,

$$\text{ডোরা ব্যবধান, } \delta x = \frac{\lambda D}{a}$$

$$\text{বা, } a = \frac{\lambda D}{\delta x}$$

$$= \frac{5100 \times 10^{-10} \times 2}{0.002}$$

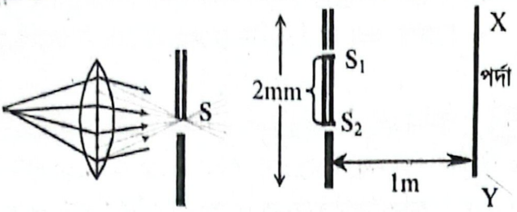
$$= 5.1 \times 10^{-4}\ \text{m}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ = 5100 Å
$= 5100 \times 10^{-10}$ m
ডোরা ব্যবধান, δx = 0.002 m
চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, a = ?

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: বায়ুতে ডোরা প্রস্থ, $\delta x_a = 0.001$ m, পানিতে ডোরা প্রস্থ, $\delta x_w = 7.52 \times 10^{-4}$ m। $\delta x_w < \delta x_a$ এবং $\frac{\delta x_w}{\delta x_a} = 0.752$। অর্থাৎ পানিতে পরীক্ষণটি সম্পন্ন করার পরে ডোরার প্রস্থ পূর্বের তুলনায় 0.752 গুণ কমবে।

প্রশ্ন ▶ ৭০ সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট ▌প্রশ্ন নং ৬



উপরের চিত্রে ইয়ং এর দ্বি-চিড় পরীক্ষার একটি ব্যবস্থা দেখানো হয়েছে, যেখানে S_1 ও S_2 দুটি সুসঙ্গত উৎস। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5800 Å।

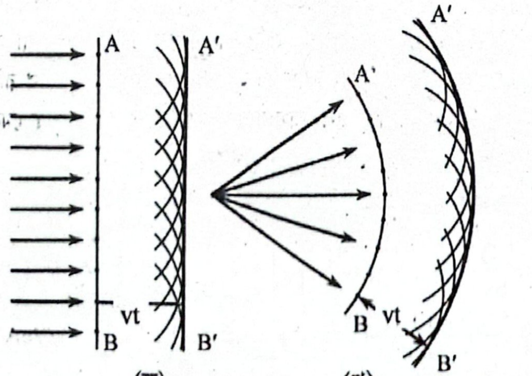
ক. তাড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ কাকে বলে? ১
খ. হাইগেনসের নীতি ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ডোরার প্রস্থ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কম্পমান চার্জ থেকে নির্গত পরস্পরের সাথে এবং তরঙ্গ সঞ্চালনের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত, সমান কম্পাঙ্ক ও সমদশা সম্পন্ন তড়িৎক্ষেত্র তরঙ্গ ও চৌম্বকক্ষেত্র তরঙ্গ এর সমন্বয়ে গঠিত শূন্য মাধ্যমে সঞ্চালনযোগ্য, অতিদ্রুত গতিসম্পন্ন তরঙ্গকে তাড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গ বলে।

খ একটি তরঙ্গমুখের উপরস্থ সকল বিন্দু এক একটি বিন্দু উৎস হিসেবে গণ্য হবে, যা থেকে গৌণ তরঙ্গ (Secondary Wave) উৎপন্ন হয়ে মূল তরঙ্গের দ্রুতিতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। পরবর্তী যেকোনো মুহূর্তে এ গৌণ তরঙ্গমুখগুলোর সাধারণ স্পর্শক তল হবে ঐ সময় উক্ত তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।

ধরা যাক, AB একটি সমতল অথবা গোলীয় তরঙ্গমুখ বাম থেকে ডান দিকে অগ্রসর হচ্ছে। হাইগেনসের নীতি অনুসারে এর উপরস্থ সব বিন্দু গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে ক্রিয়া করবে অর্থাৎ প্রতিটি বিন্দু থেকে গৌণ তরঙ্গ উৎপন্ন হবে। তরঙ্গের দ্রুতি v হলে প্রতিটি বিন্দু থেকে উৎপন্ন গৌণ তরঙ্গের তরঙ্গমুখ t সময়ে সামনের দিকে vt দূরত্ব অতিক্রম করবে। এখন vt ব্যাসার্ধ নিয়ে AB এর উপরস্থ প্রতিটি বিন্দুকে কেন্দ্র করে একটি করে বৃত্তচাপ অঙ্কন করা হলে বৃত্তচাপগুলো t সময় পর গৌণ তরঙ্গগুলোর তরঙ্গমুখ নির্দেশ করবে। এ বৃত্তচাপগুলোর সাধারণ স্পর্শক A'B' হবে ঐ সময় তরঙ্গমুখের নতুন অবস্থান।



(ক) (খ)

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.145 mm।

ঘ 'গ' হতে পাই, ডোরা প্রস্থ, $b = 0.145$ mm
$= 1.45 \times 10^{-4}$ m

পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করলে পরিবর্তিত দূরত্ব, $D' = D + 20$
$= 1\text{m} + 20\text{ cm}$
$= 1\text{m} + \frac{20}{100}\text{m}$
$= 1.2$ m

এখানে,
পর্দার দূরত্ব, $D = 1$ m
চিড়ের প্রস্থ, $a = 2$ mm
$= 2 \times 10^{-3}$ m
ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5800\text{ Å} = 5800 \times 10^{-10}$ m

ডোরা প্রস্থ ঠিক রাখতে হলে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বা চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের পরিবর্তন করতে হবে।

ধরি, আলোর নতুন তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ'

সুতরাং, $b = \frac{\lambda' D'}{2a}$

বা, $1.45 \times 10^{-4} = \frac{\lambda' \times 1.2}{2 \times 2 \times 10^{-3}}$

বা, $\lambda' = \frac{1.45 \times 10^{-4} \times 2 \times 2 \times 10^{-3}}{1.2} = 4.833 \times 10^{-7}$ m

$= 4833$ Å

আবার, চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব a' হলে,

$b = \frac{\lambda D'}{2a'}$

বা, $a' = \frac{\lambda D'}{2b}$

$= \frac{5800 \times 10^{-10} \times 1.2}{2 \times 1.45 \times 10^{-4}}$

$= 2.4 \times 10^{-3}$ m

$= 2.4$ mm

সুতরাং, পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া যাবে যদি 5800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর পরিবর্তে 4833 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হয় অথবা চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিবর্তন করে 2.4mm করা হয়।

প্রশ্ন ▶ ৭১ হবিগঞ্জ সরকারি মহিলা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় দুটি চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.5 mm. চির হতে পর্দার দূরত্ব 1.5 m. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পট্টি হতে 15-তম উজ্জ্বল পট্টির দূরত্ব 12.6 mm

ক. সমবর্তন কী? ১
খ. বিপদ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ২
গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত একবর্ণী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের বর্ণিত পরীক্ষণটি পানিতে সম্পন্ন করলে ডোরার প্রস্থের কোনো পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তলে কম্পনক্ষম করা যায় তাই আলোর সমবর্তন।

খ বিপদ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করা হয়, কারণ দৃশ্যমান রঙের মধ্যে লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সবচেয়ে বেশি। ফলে এটি বায়ুতে অনেক দূর পর্যন্ত সহজে চলে যায়। অর্থাৎ, লাল আলোর বিক্ষেপণ কম হওয়ার কারণে এটি বিপদ সংকেত হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.8×10^{-7} m।

আমরা জানি,

র প্রস্থ,

$b = \frac{\lambda D}{2a}$

$= \frac{2.8 \times 10^{-7} \times 1.5}{2 \times 0.5 \times 10^{-3}}$

$= 4.2 \times 10^{-4}$ m

পানিতে আলোর

দৈর্ঘ্য λ_w হলে,

$= \frac{\lambda}{\mu_w}$

$= \frac{2.8 \times 10^{-7}}{1.33}$

এখানে,

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$a = 0.5 \text{ mm} = 0.5 \times 10^{-3}$ m

চিরদ্বয় হতে পর্দার দূরত্ব,

$D = 1.5$ m

বায়ুতে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 2.8 \times 10^{-7}$ m

('গ' হতে)

পানির প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu_w = 1..33$

বায়ুতে ডোরার প্রস্থ, $b = ?$

পানিতে ডোরার প্রস্থ, $b' = ?$

$= 2.105 \times 10^{-7}$ m

পানিতে ডোরার প্রস্থ,

$= \frac{\lambda_w D}{2a} = \frac{2.105 \times 10^{-7} \times 1.5}{2 \times 0.5 \times 10^{-3}}$

$= 3.1575 \times 10^{-4}$ m

পকের বর্ণিত পরীক্ষণটি পানিতে সম্পন্ন করলে ডোরার প্রস্থ ($4.2 \times$ $- 3.1575 \times 10^{-4}) = 1.0425 \times 10^{-4}$ m হ্রাস পাবে।

▸৭২ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা ‖ প্রশ্ন নং ৫

এর দ্বিচির পরীক্ষায় দুটি চিরের মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.5 mm এবং চির পর্দার দূরত্ব 1 m। এই পরীক্ষায় 3800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো হার করা হলো।

ক. কার্যাপেক্ষক কাকে বলে? ১

খ. কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষ কাল অসীম-ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে ৫ম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব কত? ৩

ঘ. চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করলে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া সম্ভব হবে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে? গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

কোনো ধাতুখন্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখণ্ডের পেক্ষক বলে।

মনে করি, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের নমুনায় আদি বা প্রারম্ভিক মাণু সংখ্যা N_o এবং অবক্ষয় ধ্রুবক λ। সুতরাং, t সময়ান্তে অবশিষ্ট মাণু সংখ্যা, $N = N_o e^{-\lambda t}$

$= 0$ হতে হলে, $N_o e^{-\lambda t} = 0$ বা, $e^{-\lambda t} = 0$

$\frac{1}{e^{\lambda t}} = 0$ বা, $e^{\lambda t} = \frac{1}{0} = \infty$ বা, $\lambda t = \infty$

$t = \frac{\infty}{\lambda} = \infty$

রাং, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষ কাল অসীম।

২৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.42 mm।

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, ডোরা প্রস্থ,

$\beta = \frac{\lambda_1 D_1}{2a}$

$= \frac{3800 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 0.5 \times 10^{-3}}$

$= 3.8 \times 10^{-4}$ m

২য় ক্ষেত্রে, ডোরা প্রস্থ β পেতে যদি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_2 হয়

তবে, $\beta = \frac{\lambda_2 D_2}{2a}$

এখানে,

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$a = 0.5 \text{ mm} = 0.5 \times 10^{-3}$ m

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D_1 = 1$ m

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda_1 = 3800 \text{ Å} = 3800 \times 10^{-10}$ m

পরিবর্তিত চির হতে পর্দার দূরত্ব,

$D_2 = D_1 + 20$ cm

$= 1 + 0.2 \text{ m} = 1.2$ m

বা, $\lambda_2 = \frac{\beta \times 2a}{D_2}$

$= \frac{3.8 \times 10^{-4} \times 2 \times 0.5 \times 10^{-3}}{1.2}$

$= 3.16667 \times 10^{-7}$ m

$= 3166.67$ Å

আবার, ডোরা প্রস্থ β পেতে চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব a' হলে,

$\beta = \frac{\lambda_1 D_2}{2a'}$

বা, $a' = \frac{\lambda_1 D_2}{2\beta'}$

$= \frac{3800 \times 10^{-10} \times 1.2}{2 \times 3.8 \times 10^{-4}}$

$= 6 \times 10^{-4}$ m

সুতরাং চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে পর্দার দূরত্ব 20 cm বৃদ্ধি করলে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া সম্ভব যদি 3166.67 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হয় অথবা চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 6×10^{-4} m করা হয়।

প্রশ্ন ▸ ৭৩ বাগেরহাট সরকারি মহিলা কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৪

কোনো অপবর্তন গ্রেটিং এর প্রতি সেন্টিমিটারে 5000 রেখা আছে। এর ভিতর দিয়ে 5896Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হলো।

ক. সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. দ্বৈত প্রতিসরণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম চরমের জন্য অপবর্তন কোণ কত? ৩

ঘ. চতুর্থ চরমের জন্য অপবর্তন সম্ভব কি? ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোর সমবর্তন বলে।

খ ক্যালসাইট, কোয়ার্টজ ইত্যাদি স্বচ্ছ কেলাসের ওপর আলোকরশ্মি আপতিত হলে তা একটির পরিবর্তে দুটি প্রতিসৃত রশ্মি উৎপন্ন করে। এ ঘটনাকে বলা হয় দ্বৈত প্রতিসরণ। প্রতিসৃত রশ্মির একটিকে বলা হয় সাধারণ রশ্মি এবং অপরটিকে বলা হয় অসাধারণ রশ্মি। সাধারণ রশ্মি প্রতিসরণের সূত্র মেনে চলে এবং অসাধারণ রশ্মি প্রতিসরণের সূত্র মেনে চলে না।

গ আমরা জানি,

$d\sin\theta = n\lambda$

বা, $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d}$

এখানে,

ক্রম, $n = 1$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5896$Å

$= 5896 \times 10^{-10}$ m

বা, $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{d}\right)$

$= \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 5896 \times 10^{-10}}{\frac{10^{-2}}{5000}}\right)$

$= 17.146°$ **(Ans.)**

গ্রেটিং ধ্রুবক, $d = \frac{1 cm}{5000}$

$= \frac{10^{-2} m}{5000}$

ঘ চতুর্থ চরমের জন্য $\sin\theta$ এর গ্রহণযোগ্য মান পাওয়া গেলে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যাবে যে, চতুর্থ চরমের জন্য অপবর্তন সম্ভব।

আমরা জানি,

$d\sin\theta = n\lambda$

বা, $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d}$

$= \frac{4 \times 5896 \times 10^{-10}}{\frac{10^{-2}}{5000}}$

$= 1.1792 > 1$

এখানে,

ক্রম, $n = 4$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5896 Å$

$= 5896 \times 10^{-10}$ m

গ্রেটিং ধ্রুবক, $d = \frac{1 cm}{5000}$

$= \frac{10^{-2} m}{5000}$

$\sin\theta$ এর মান -1 হতে 1 এর মধ্যে গ্রহণযোগ্য হওয়ায় প্রাপ্ত মানটি অগ্রণযোগ্য। অর্থাৎ, চতুর্থ চরমের জন্য অপবর্তন সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▸ ৭৪ বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৪

290 Wm^{-2} তীব্রতার অসমবর্তিত আলো পাশাপাশি স্থাপিত দুটি পোলারয়েডের মধ্য দিয়ে প্রবেশে অসমবির্তত আলো 50% ও 25% তীব্রতার সমবর্তিত আলো পাওয়া যায়। পরবতীতে উক্ত অসমবর্তি আলো পানির মধ্য দিয়ে একটি কাচের পাতে আপতিত হলে সর্বোচ্চ সমবর্তিত আলো পাওয়া যায়। পানি ও কাচের প্রতিসরণাঙ্ক যথাক্রমে 1.33 এবং 1.52।

ক. তরঙ্গ মুখ কাকে বলে? ১

খ. বেগুনী আলোর জন্য ডোরা প্রস্থ কম কিন্তু লাল আলোর জন্য বেশি হয়। ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পোলারয়েডদ্বয়ের মধ্যবতী কোণ কত ছিল? ৩

ঘ. সর্বোচ্চ সমবর্তনের জন্য সমবর্তন কোণ পোলারয়েডদ্বয়ের মধ্যবতী কোণের সমান ছিল কি না? গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন, তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গমুখ বলে।

খ আমরা জানি, ডোরা প্রস্থ, $b = \frac{\lambda D}{2a}$। এখানে, λ = আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, D = উৎস হতে পর্দার দূরত্ব, a = চিরের প্রস্থ। ডোরা প্রস্থ, $b \propto \lambda$। অর্থাৎ, আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি হলে ডোরা প্রস্থ বেশি হবে এবং আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম হলে ডোরা প্রস্থ কম হবে। বেগুনী আলোর চেয়ে লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি। তাই বেগুনি আলোর জন্য ডোরা প্রস্থ কম কিন্তু লাল আলোর জন্য ডোরা প্রস্থ বেশি হয়।

গ ১ম পোলারয়েড থেকে নির্গত আলোর তীব্রতা,

$I_1 = 50\% \, I_0 = 0.5 \times 290 = 145 \, Wm^{-2}$

এখানে,

অসমর্ভিত আলোর তীব্রতা,

$I_0 = 290 \, Wm^{-2}$

$\therefore I_1 = I_0 \cos^2\theta_1$

বা, $\cos^2\theta_1 = \frac{I_1}{I_0} = \frac{145}{290} = \frac{1}{2}$

বা, $\theta_1 = \cos^{-1}\sqrt{\frac{1}{2}}$ বা, $\theta_1 = 45°$

২য় ক্ষেত্রে, $I_2 = I_0$ এর $25\% = 0.25 \, I_o$

$I_2 = I_1 \cos^2\theta_2$

বা, $0.25 \, I_0 = 145 \times \cos^2\theta_2$

বা, $0.25 \times 290 = 145 \times \cos^2\theta_2$

বা, $\cos\theta_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}$ বা, $\theta_2 = \cos^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 45°$

সুতরাং, পোলারয়েডদ্বয়ের মধ্যবতী কোণ, $\theta = \theta_1 + \theta_2$

$= 45° + 45° = 90°$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, পোলারয়েডদ্বয়ের মধ্যবতী কোণ = 90°

সর্বোচ্চ সমবর্তনের জন্য সমবর্তন কোণ θ হলে,

$\tan\theta = \frac{n_2}{n_1}$

বা, $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1.52}{1.33}\right)$

এখানে,

১ম মাধ্যম; পানির প্রতিসরণাঙ্ক

$n_1 = 1.33$

২য় মাধ্যম, কাচের প্রতিসরণাঙ্ক,

$n_2 = 1.52$

বা, $\theta = 48.8°$

এখানে, $\theta < 90°$

সুতরাং, সর্বোচ্চ সমবর্তনের জন্য সমবর্তন কোণ পোলারয়েডদ্বয়ের মধ্যবতী কোণের সমান ছিল না।

Tutor ৭৫ থেকে ৮৮ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph2bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

৭৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▮ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৭৬. বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৭৭. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৭৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৭৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮০. যশোর বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮১. ঢাকা, দিনাজপুর ও সিলেট বোর্ড ২০১৮ ▮ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮২. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম, যশোর ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ ▮ প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৮৩. সিলেট বোর্ড ২০১৭ ▮ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮৪. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৮৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৮৬. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৮৭. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ ▮ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
৮৮. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ ▮ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc

অধ্যায় ৮ আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

■ বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	০	১	১	১	১	১	২	৯
২০২৩	১	১	২	১	১	১	১	১	১	১০
২০২২	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২১	১	২	১	১	১	১	১	১	১	১০
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০*
২০১৯	১	–	১	১	১	১	০	১	১	৭
২০১৮	০	–	০	০	০	০	০	০	০	০
২০১৭	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৬	০	–	০	১	১	০	২	১	১	৬
২০১৫	১	–	০	১	১	১	১	১	১	৭
মোট প্রশ্ন	৭	৫	৬	৮	৮	৭	৮	৮	৯	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬

40 আলোকবর্ষ দূরে একটি গ্রহে যাওয়ার জন্য 45 বছর বয়সী নভোচারীকে 0.6c বেগের নভোযানে পাঠানো হল। নভোচারীর ভর 80 kg। নভোচারীর গড় আয়ুষ্কাল 80 বছর। (1 আলোকবর্ষ = 9.4×10^{15} m).

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কী? ১

খ. প্লাটিনামের সূচন কম্পাংক 16×10^{14} Hz বলতে কী বুঝায়? ২

গ. চলন্ত অবস্থায় নভোচারীর ভর কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের তথ্য অনুযায়ী নভোচারী ঐ গ্রহে জীবিত পৌঁছাতে সক্ষম হবে কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে অনেক বেশি বেগে গতিশীল থাকার কারণে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য কমে যাওয়ার ঘটনাই দৈর্ঘ্য সংকোচন।

খ প্লাটিনামের সূচন কম্পাঙ্ক 16×10^{14} Hz বলতে বোঝায়, প্লাটিনামের ক্ষেত্রে 16×10^{14} Hz এর চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলো ঐ ধাতুর উপর আপতিত হলে প্লাটিনাম থেকে কোন ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

গ আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } m = \frac{80}{\sqrt{1 - \frac{(1.8 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}}$$

$\therefore m = 100$ kg **(Ans.)**

এখানে,
স্থির অবস্থায় নভোচারীর ভর,
$m_0 = 80$ kg
নভোচারীর নভোযানের বেগ,
$v = 0.6c = 1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
চলন্ত অবস্থায় নভোচারীর ভর, $m = ?$

ঘ 1 আলোক বর্ষ $= 9.40 \times 10^{15}$ m

$\therefore$ 40 আলোক বর্ষ $= 40 \times 9.40 \times 10^{15} \text{ m} = 3.76 \times 10^{17}$ m

নভোযানটি $v = 0.6c$ বেগে চললে 40 আলোক বর্ষ যেতে পৃথিবীর হিসাব অনুযায়ী সময় লাগবে,

$$t = \frac{s}{v} = \frac{3.76 \times 10^{17}}{0.6 \times 3 \times 10^8} = 2.089 \times 10^9 \text{ sec} = 66.238 \text{ year}$$

আমরা জানি,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad \text{বা, } t_0 = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } t_0 = 66.238\sqrt{1 - \left(\frac{0.6c}{c}\right)^2}$$

$\therefore t_0 = 53$ years

সুতরাং, ঐ গ্রহে পৌঁছালে নভোচারীর বয়স = (45 + 53) years
= 98 years

যেহেতু, $t_0 > 80$ বছর, তাই নভোচারী ঐ গ্রহে জীবিত পৌঁছাতে সক্ষম হবে না।

প্রশ্ন ▸ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৬

পটাশিয়ামের কার্য-অপেক্ষক হলো 2.0eV। 3500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অতিবেগুনি আলো পটাশিয়াম ধাতুর উপর আপতিত হলে ফটোইলেকট্রন নির্গত হয়। পরবর্তীতে ঐ ধাতুর উপর 7800Å ও 4450Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের যথাক্রমে লাল ও নীল আলো আপতিত করা হলো।

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কাকে বলে? ১

খ. কোনো ধাতুর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাংকের উপর নির্ভরশীল— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি বের করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে দৃশ্যমান আলো দুইটির মধ্যে কোন আলোর জন্য নিবৃত্তি বিভব বেশি হবে? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাংক আছে যার চেয়ে কম কম্পাংক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারেনা। ঐ ন্যূনতম কম্পাংককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাংক বলে। কোনো ধাতুর ফটো তড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাংকের উপর নির্ভরশীল। আপতিত আলোক রশ্মির কম্পাংক সূচন কম্পাংকের চাইতে যত বেশি নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তিও তত বেশি হবে। আপতিত আলোর কম্পাংক সূচন কম্পাংকের চাইতে কম হলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ঘটবে না। সুতরাং বলা যায় কোন ধাতুর ফটো তড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাংকের উপর নির্ভরশীল।

গ আমরা জানি,

$$hf = \phi + K_{max}$$

$$\text{বা, } \frac{hc}{\lambda} = K_{max} + \phi$$

$$\text{বা, } K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - \phi$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{3500 \times 10^{-10}} - 3.2 \times 10^{-19}$$

$$= 2.483 \times 10^{-19}\ \text{J (Ans.)}$$

এখানে,
প্লাংকের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
$\lambda = 3500$ Å
$= 3500 \times 10^{-10}$ m
কার্যাপেক্ষক,
$\phi = 2$ eV
$= 2 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J
$= 3.2 \times 10^{-19}$ J

ঘ ধরি, লাল ও নীল আলোর নিবৃত্তি বিভব যথাক্রমে V_r ও V_b.

আমরা জানি,

$$\frac{hc}{\lambda} = \phi + K_{max}$$

$$\text{বা, } \frac{hc}{\lambda} = \phi + eV_0\ [\because K_{max} = eV_0]$$

সুতরাং লাল আলোর ক্ষেত্রে,

$$\frac{hc}{\lambda_r} = \phi + eV_r$$

$$\text{বা, } V_r = \frac{1}{e}\left(\frac{hc}{\lambda_r} - \phi\right)$$

$$\text{বা, } V_r = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \times \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{7800 \times 10^{-10}} - 3.2 \times 10^{-19}\right)$$

$$= -0.40\ \text{V}$$

এখানে,
লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_r = 7800$ Å
$= 7800 \times 10^{-10}$ m
নীল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_b = 4450$ Å
$= 4450 \times 10^{-10}$ m
কার্যাপেক্ষক, $\phi = 2.0$ eV
$= 3.2 \times 10^{-19}$ J
প্লাংকের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^{8}$ ms^{-1}

∵ যেহেতু নিবৃত্তি বিভব ঋণাত্মক হতে পারে না, তাই এক্ষেত্রে লাল আলোর জন্য ইলেকট্রন নির্গত হবে না

আবার, নীল আলোর ক্ষেত্রে

$$V_b = \frac{1}{e}\left(\frac{hc}{\lambda_b} - \phi\right) = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \times \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4450 \times 10^{-10}} - 3.2 \times 10^{-19}\right)$$

$$= 0.79\ \text{V}$$

এখানে, $V_b > V_r$

সুতরাং, উদ্দীপকে দৃশ্যমান আলো দুটির মধ্যে নীল আলোর জন্য নিবৃত্তি বিভব বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৬

একটি কাল্পনিক ট্রেনের ভর 500 টন এবং এটি 0.8c দ্রুতিতে একটি স্টেশনের প্লাটফর্ম অতিক্রম করল। প্লাটফর্মে দাঁড়ানো একজন যাত্রী চলমান ট্রেনের দৈর্ঘ্য মাপল 200 m যা প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্যের সমান।

ক. নিবৃত্তি বিভব কাকে বলে? ১
খ. ধাতব পদার্থের সূচনা কম্পাঙ্ক শূন্য হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ট্রেনটির আপেক্ষিক গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ট্রেনটির কোনো যাত্রী প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্য মাপলে দৈর্ঘ্যের কোনো পরিবর্তন পাবে কি না—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলে।

খ প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ধাতুর উপর পড়লে ঐ ধাতু থেকে নির্গত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে সূচন কম্পাঙ্ক বলে। কোন ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক f_0 এর জন্য কার্যাপেক্ষক $\phi = hf_0$। সূচন কম্পাঙ্ক শূন্য হলে, কার্যাপেক্ষকও শূন্য হবে।

অর্থাৎ, ধাতব পৃষ্ঠের নিজস্ব কোন বন্ধনশক্তি থাকবে না যা বাস্তবে না। কারণ ধাতুর পৃষ্ঠ থেকে ইলেকট্রন মুক্ত করতে অবশ্যই কিছুটা শক্তির দরকার হয়। তাই কার্যাপেক্ষক শূন্য হতে পারে এজন্য সূচন কম্পাঙ্ক শূন্য হতে পারে না।

গ আমরা জানি,

$$T = mc^2 - m_0c^2$$

$$= \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2$$

$$= m_0c^2\left[\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right]$$

$$= 5 \times 10^5 \times (3 \times 10^8)^2 \times \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.8)^2c^2}{c^2}}} - 1\right]$$

$$= 3 \times 10^{22}\ \text{J (Ans.)}$$

এখানে,
কাল্পনিক ট্রেনের নিশ্চল ভর,
$m_0 = 500$ টন $= 500 \times 1000$
$= 5 \times 10^5$ kg
বেগ, $v = 0.8$ c
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
ট্রেনটির আপেক্ষিক গতিশক্তি, T =

ঘ ট্রেনের কোনো যাত্রীর সাপেক্ষে প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্য হবে চলমান চলমান দৈর্ঘ্য L হলে,

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } L = 200 \times \sqrt{1 - \frac{(0.8c)^2}{c^2}}$$

$$= 200 \times \sqrt{1 - (0.8)^2} = 120\ \text{m}$$

এখানে,
ট্রেনের বেগ, $v = 0.8c$
প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্য, $L_0 = 200$ m
c = আলোর বেগ

দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন $L_0 - L = 200 - 120 = 80$ m

সুতরাং ট্রেনের কোনো যাত্রী প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্য মাপলে প্রকৃত দৈর্ঘ্য 80 m কম মাপবে।

প্রশ্ন ▶ ৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং

তোহা ও নূহা দুই বন্ধুর জন্ম 1955 সালে। তারা যে স্কুলের সে স্কুল স্থাপিত হয় 1915 সালে। 25 বছর বয়সে নূহা ৪5m মহাকাশযানে চড়ে 0.6c বেগে মহাকাশে যাত্রা শুরু করল এবং হিসাব মতে 30 বছর পরে ফিরে এলো তার স্কুলের 100 বছর অনুষ্ঠানে যোগ দেওয়ার জন্য।

ক. জড় জাঠামো কাকে বলে?
খ. X-রশ্মি চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় কিনা, ব্যাখ্যা করো।
গ. তোহার নিকট মহাকাশযানের দৈর্ঘ্য কত মনে হবে? করো।
ঘ. নূহা তার স্কুলের অনুষ্ঠানে যোগ দিতে পারে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ উত্তর দাও।

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ X-ray কোন আহিত কণা নয়। এটি একটি তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ। যেহেতু X-ray এর ভিতর কোন চার্জ নেই তাই X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র ও তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না।

গ আমরা জানি,

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

বা, $L = 85 \times \sqrt{1 - \frac{(0.6c)^2}{c^2}}$

বা, $L = 85 \times \sqrt{1 - (0.6)^2}$

$\therefore L = 68$ m

এখানে,
স্থির অবস্থায় নভোযানের দৈর্ঘ্য, $L_0 = 85$ m
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
নভোযানের বেগ, $v = 0.6c$
নভোযানের চলমান দৈর্ঘ্য, $L = ?$

$\therefore$ তোহার নিকট মহাকাশযানের দৈর্ঘ্য 68 m মনে হবে **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

বা, $t = \frac{30}{\sqrt{1 - \frac{(1.8 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}}$

$\therefore t = 37.5$ বছর

এখানে,
নূহার যানের বেগ,
$v = 0.6c = 1.8 \times 10^8$ ms^{-1}
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
নূহার ভ্রমণকাল,
$t_0 = 30$ বছর
পৃথিবীর সাপেক্ষে তার ভ্রমণকাল, $t = ?$

নূহার স্কুলে 100 বছর পূর্তি অনুষ্ঠান অনুষ্ঠিত হবে = (1915 + 100) = 2015 সালে নূহা পৃথিবী থেকে ভ্রমণে বের হয় 1955 + 25 = 1980 সালে। তাই পৃথিবীর হিসাবে নূহা 37.5 বছর পর ফিরে আসলে পৃথিবীতে তখন হবে (1980 + 37.5) = 2017.5 সাল বা 2017 সালের জুন মাস যা 2015 এর পরে।

সুতরাং নূহা তার স্কুলের অনুষ্ঠানে যোগ দিতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ❚ প্রশ্ন নং ৫

কোন ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসরণের জন্য প্রয়োজনীয় তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সর্বোচ্চ মান 4400 Å। উক্ত ধাতুর উপর 1500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অতিবেগুনি রশ্মি এবং 500 Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের এক্স-রশ্মি ফেলা হলো। প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js।

ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১
খ. কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ধাতুর কার্যাপেক্ষক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন আলোক রশ্মির জন্য নিঃসৃত ইলেকট্রনের বেগ বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কাঠামোতে স্থির পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ কাঠামোতে সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান অপেক্ষা ঐ কাঠামোর সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল কোন পর্যবেক্ষকের নিকট ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান বেশি হয়। এ ঘটনাকে কাল দীর্ঘায়ন বা সময় প্রসারণ বলে।

খ কোনো বস্তু আলোর বেগে চলতে পারেনা। ভরের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

এখন, v = c হলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 1}} = \frac{m_0}{0} = \infty$ হয়, যা অসম্ভব। তাই বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান বা বেশি হতে পারে না। কারণ কোনো বস্তুর ভর অসীম হওয়া সম্ভব নয়।

গ আমরা জানি,

কার্যাপেক্ষক, $\phi = \frac{hc}{\lambda_o}$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4400 \times 10^{-10}}$

$= 4.52 \times 10^{-19}$ J

$= \frac{4.52 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$ eV

$= 2.825$ eV **(Ans.)**

এখানে,
সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_o = 4400$ Å
$= 4400 \times 10^{-10}$ m
$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

ঘ 'গ' হতে পাই, ধাতুটির কার্যাপেক্ষক, $\phi = 4.52 \times 10^{-19}$ J

১ম ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের বেগ v_1 হলে,

$$\frac{hc}{\lambda_1} = \phi + \frac{1}{2}mv_1{}^2$$

বা, $\frac{1}{2}mv_1{}^2 = \frac{hc}{\lambda_1} - \phi$

বা, $v_1{}^2 = \frac{2}{m} \times \left(\frac{hc}{\lambda_1} - \phi\right)$

বা, $v_1 = \sqrt{\frac{2}{m} \times \left(\frac{hc}{\lambda_1} - \phi\right)}$

এখানে,
অতিবেগুনি রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
$\lambda_1 = 1500$ Å $= 1500 \times 10^{-10}$ m
এক্স-রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_2 = 500$ Å $= 500 \times 10^{-10}$ m
প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.11 \times 10^{-3}$ kg
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

$$= \sqrt{\frac{2}{9.11 \times 10^{-31}} \times \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1500 \times 10^{-10}} - 4.52 \times 10^{-19}\right)}$$

$= 1.385 \times 10^6$ ms^{-1}

২য় ক্ষেত্রে নির্গত ইলেকট্রনের বেগ v_2 হলে,

$$v_2 = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{hc}{\lambda_2} - \phi\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{9.11 \times 10^{-31}} \times \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{500 \times 10^{-10}}\right) - 4.52 \times 10^{-19}}$$

$= 2.78 \times 10^6$ ms^{-1}

এখানে, $v_2 > v_1$

সুতরাং, এক্স-রশ্মির জন্য নিঃসৃত ইলেকট্রনের বেগ বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ❚ প্রশ্ন নং ৫

25 বছর বয়সের 50 kg ভরের একজন নভোচারী 100 m দৈর্ঘ্যের ও 1000 kg ভরের নভোযানে চড়ে 0.7c বেগে মহাশূন্যে ভ্রমণরত অবস্থায় দৈর্ঘ্য বরাবর 70 × 50 m^2 আকারের একটি মাঠকে অতিক্রম করছেন। (আলোর বেগ = 3×10^8 ms^{-1})।

ক. কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণ বলতে কী বুঝ? ১
খ. X-ray উৎপাদনে উচ্চ বিভব ব্যবহার করতে হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্থির অবস্থা সাপেক্ষে নভোচারীর গতিশীল অবস্থায় ভর কত হবে? ৩
ঘ. নভোচারী কর্তৃক চলন্ত অবস্থায় মাঠের আকার বর্গাকার দেখার সম্ভাবনা আছে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে যাচাই করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আদর্শ কৃষ্ণবস্তুকে উত্তপ্ত করলে এটি সকল তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরণ নিঃসরণ করে। একে কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণ বলে।

খ X-ray উৎপাদনে ফিলামেন্টে পর্যাপ্ত সংখ্যক ইলেকট্রন সরবরাহের জন্য উচ্চ বিভবের তড়িচ্চালক শক্তি ব্যবহার করা হয়। ফিলামেন্ট উচ্চ বিভব উৎসের মাঝখানে রাখলে এটি হতে তীব্র গতি সম্পন্ন ইলেকট্রন ধাতব পৃষ্ঠে আঘাত করে। ফলে X-ray উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ফিলামেন্টের সাথে একটি ডিসি ব্যাটারী লাগানো থাকে, যা ফিলামেন্ট দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করে। ফলে ফিলামেন্টে পর্যাপ্ত সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে এবং X-ray উৎপন্ন করা সম্ভব হয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 70.014 kg।

ঘ নভোযানটি মাঠের দৈর্ঘ্য বরাবর গতিশীল।

সুতরাং, মাঠটির দৈর্ঘ্য সংকুচিত হবে। নভোযানটির চলন্ত অবস্থায় পরিমাপকৃত মাঠের দৈর্ঘ্য a′ হলে,

$$a' = a\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$
$$= 70 \times \sqrt{1-\left(\frac{0.7c}{c}\right)^2}$$
$$= 70 \times \sqrt{1-(0.7)^2}$$
$$= 49.99 \simeq 50 \text{ m}$$

এখানে,
স্থির অবস্থায় মাঠের পরিমাপকৃত দৈর্ঘ্য, $a = 70$ m
স্থির অবস্থায় মাঠের পরিমাপকৃত প্রস্থ, $b = 50$ m
আলোর বেগ, $v = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
নভোযানটির বেগ, $v = 0.7c$

অর্থাৎ চলন্ত অবস্থায় মাঠটির দৈর্ঘ্য প্রায় প্রস্থের সমান হবে।

সুতরাং বলা যায় নভোচারী কর্তৃক চলন্ত অবস্থায় মাঠের আকার বর্গাকার দেখার সম্ভাবনা রয়েছে।

প্রশ্ন ▸ ৭ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৫

মডার্ন ফিজিক্স ল্যাবরেটরিতে দেখা যায়, 3000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মি 6.56×10^{14} Hz সূচন কম্পাংকের একখণ্ড ধাতুর উপর আপতিত হলে ফটো-ইলেকট্রন নির্গত হয়। [প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J–s]

ক. নিউক্লিয় ফিশন কাকে বলে? ১
খ. বস্তুর চলমান অবস্থায় ভর এবং নিশ্চল অবস্থার ভরের পার্থক্য লেখ। ২
গ. ফটো-ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. 4000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মি ধাতবখণ্ডটির উপর আপতিত হলে কি ফটো-ইলেকট্রন পাওয়া সম্ভব? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বিশেষ ধরনের নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় একটি ভারী নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে প্রায় সমান ভর বিশিষ্ট দুটি নিউক্লিয়াসে বিভাজিত হয় এবং বিপুল পরিমাণে শক্তি উৎপন্ন করে তাকে নিউক্লিয়ার ফিশন বলে।

খ নিশ্চল ভর m_o হলো সেই ভর যা বস্তুটি নিজের প্রসঙ্গ কাঠামোতে (যেখানে বস্তুটি স্থির থাকে) পরিমাপ করা হয়। এটি এক ধরনের ধ্রুবক এবং কোনো গতির উপর নির্ভর করে না। অপরদিকে চলমান ভর m হলো বস্তুটির ভর যখন এটি কোনো বেগে চলছে। এটি বস্তুর বেগের উপর নির্ভরশীল। চলমান ভর প্রকাশ করা হয়; $m = \dfrac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ যেখানে v বস্তুর বেগ ও c আলোর বেগ।

এই সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে যে বস্তুর বেগ, v বৃদ্ধির সাথে সাথে বস্তুর গতিশীল ভর নিশ্চল ভরের তুলনায় বৃদ্ধি পাচ্ছে।

গ আমরা জানি,

ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi = hf_0$
$= 6.63 \times 10^{-34} \times 6.56 \times 10^{14}$
$= 4.35 \times 10^{-19}$ J

এখানে,
সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 6.56 \times 10^{14}$ Hz

বাকি অংশ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 2.28×10^{-19} J।

ঘ এখানে,
আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000 \text{ Å} = 4000 \times 10^{-10}$ m
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
সূচন কম্পাংক, $f_o = 6.56 \times 10^{14}$ Hz
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ m/s

আমরা জানি,
আপতিত ফোটনের শক্তি, $E = h\dfrac{c}{\lambda}$

$$= (6.63 \times 10^{-34}) \times \frac{3 \times 10^8}{4000 \times 10^{-10}}$$
$$= 4.9725 \times 10^{-19} \text{ J}$$

এখন, কার্যাপেক্ষক, $\phi = hf_0$
$= 6.63 \times 10^{-34} \times 6.56 \times 10^{14}$
$= 4.349 \times 10^{-19}$ J

দেখা যাচ্ছে, $E > \phi$; সুতরাং 4000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মি ধাতবখণ্ডটির উপর আপতিত হলে ফটো-ইলেকট্রন পাওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৮ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৫

কোনো ধাতুর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5100 Å। ধাতুটিকে 4600 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা আলোকিত করা হলো। এর ফলে নির্গত ফটোইলেকট্রন দ্বারা কোনো ধাতব লক্ষ্যবস্তুকে আঘাত করা হলো। এক্স রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লা 5×10^{-8}m — 5×10^{-15}m।

ক. গ্যালিলিওর রূপান্তর কী? ১
খ. তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ধাতুটির কার্যাপেক্ষক eV এককে নির্ণয় করো। ৩
ঘ. নির্গত ফটোইলেকট্রনের সমস্ত শক্তি ব্যয়ে এক্স রশ্মি উৎপন্ন করা যাবে কি-না যাচাই করো। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের যে সকল সমীকরণ পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল দুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর স্থানাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে, সেগুলোই গ্যালিলিওর রূপান্তর।

খ নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলেই তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয় এবং তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের মাধ্যমে এক মৌল অন্য মৌলে পরিণত হয়। তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। বাইরের কোনো প্রক্রিয়া যেমন— তাপ, চাপ, তড়িৎ বা চৌম্বকক্ষেত্র ইত্যাদি এ ঘটনাকে প্রভাবিত করতে পারে না। তেজস্ক্রিয়তায় নিউক্লিয়াসের বাইরের ইলেকট্রনের কোনো ভূমিকা নেই। সুতরাং তেজস্ক্রিয়তা সম্পূর্ণরূপে একটি স্বতঃস্ফূর্ত নিউক্লীয় ঘটনা।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.4375 eV।

ঘ আমরা জানি,

$$hf = hf_o + K_{max}$$
$$\text{বা, } K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_o}$$
$$= hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_o}\right)$$
$$= 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \left(\frac{1}{4600 \times 10^{-10}} - \frac{1}{5100 \times 10^{-10}}\right)$$
$$= 4.239 \times 10^{-20} \text{ J}$$

এখানে,
সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_o = 5100$ Å
$= 5100 \times 10^{-10}$ m
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 4600$ Å
$= 4600 \times 10^{-10}$ m
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ m/s
প্লাংকের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

নির্গত ফটোইলেকট্রনের গতিশক্তি 4.239×10^{-20} J
x-ray এর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লা 5×10^{-8} m – 5×10^{-15} m
সুতরাং, x-ray উৎপন্ন হতে সর্বনিম্ন যে শক্তি লাগবে তার পরিমাণ,

$$E_{min} = \frac{hc}{\lambda_{max}} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5 \times 10^{-8}} = 3.978 \times 10^{-18} \text{ J}$$

এখানে, $K_{max} < E_{min}$
সুতরাং নির্গত ফটোইলেকট্রনের সমস্ত শক্তি ব্যয়ে এক্স রশ্মি উৎপন্ন করা যাবে না।

প্রশ্ন ▸ ৯ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▌ প্রশ্ন নং ৮

মেসন কণাসমূহের গড় আয়ু এবং স্থির ভর যথাক্রমে 3×10^{-6} seconds এবং 1.82×10^{-28} kg। এরা পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে 4 km উপরে আপতিত হবার পর 0.98 c বেগে পৃথিবীর দিকে ধাবিত হয়। পৃথিবী পৃষ্ঠে এদের উপস্থিতি সনাক্ত করা হলো।

ক. দুর্বল নিউক্লীয় বলের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. আলোর বেগের কাছাকাছি বেগে চলমান কোনো বস্তুর ভর আপেক্ষিক। — ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গতিশীল মেসনের ভর নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পৃথিবী পৃষ্ঠে মেসন কণার উপস্থিতির কারণ আপেক্ষিক তত্ত্বের আলোকে গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে স্বল্পপাল্লার ও স্বল্পমানের বল নিউক্লিয়াসের মধ্যে মৌলিক কণাগুলোর মধ্যে ক্রিয়া করে নিউক্লিয়াসে অস্থিতিশীলতার উদ্ভব ঘটায় তাকে দুর্বল নিউক্লীয় বল বলে।

খ আলোর বেগের কাছাকাছি বেগে চলমান কোনো বস্তুর ভর আপেক্ষিক। নিউটনীয় বলবিদ্যায়, বস্তুর ভর একটি ধ্রুবক। স্থান, কাল ও বেগের পরিবর্তনের উপর এটি নির্ভরশীল নয়। কিন্তু আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্ব মতে বস্তুর ভর কোনো ধ্রুবক নয়, বরং আপেক্ষিক। বস্তুর চলমান বা গতিশীল ভর নিশ্চল ভরের সমান নয়। বস্তুর বেগ বৃদ্ধির সাথে ভর বৃদ্ধি পায়। পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে কোন বস্তু v দ্রুতিতে গতিশীল হলে এর ভর পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে এর নিশ্চল ভরের $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ গুণ হবে।

সাধারণ বেগের বেলায় গতিশীল ভর অত্যন্ত কম হয় এবং তা উপেক্ষা করা যায়। কিন্তু বস্তুর বেগ যখন আলোর বেগের কাছাকাছি তখন গতিশীল ভর অনেক বেশি হয়। তাই বলা যায়, আলোর বেগে গতিশীল কোনো বস্তুর ভর আপেক্ষিক।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 9.1458×10^{-28} kg।

ঘ মেসন কণাসমূহের মোট অতিক্রান্ত দুরত্ব $s = 4 \text{ km} = 4 \times 10^3$ m

সুতরাং, সময়,

$$t = \frac{s}{v} = \frac{4 \times 10^3}{0.98c}$$
$$= \frac{4 \times 10^3}{0.98 \times 3 \times 10^8}$$
$$= 1.36 \times 10^{-5} \text{ s}$$

এখানে,
মেসনের বেগ, $v = 0.98c$
মেসনের গড় আয়ু, $\tau = 3 \times 10^{-6}$ s
c = আলোর বেগ
$= 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

আবার, $t = \frac{t_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

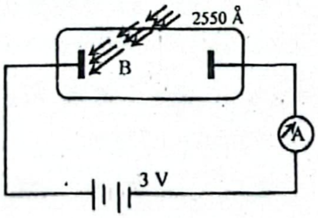
$$\text{বা, } t_o = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 1.36 \times 10^{-5} \times \sqrt{1-\left(\frac{0.98c}{c}\right)^2}$$
$$= 2.71 \times 10^{-6} \text{ s}$$

এখানে, $t_o <$ গড় আয়ু

সুতরাং, উপর্যুক্ত কারণেই পৃথিবী পৃষ্ঠে মেসন কণার উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায়।

প্রশ্ন ▸ ১০ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৬

উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো:



B পাতের কার্য অপেক্ষক 2.2 eV

ক. অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১
খ. গ্যালিলিও ও লরেঞ্জ রূপান্তর কখন অভিন্ন হবে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. B পাতের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুযায়ী 3V বিভব প্রয়োগে ফটো কারেন্ট পাওয়া যাবে কিনা– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামো পরস্পরের সাথে ধ্রুব বেগে গতিশীল নয় অর্থাৎ যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোর ত্বরণ থাকে তাদেরকে অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ আমরা জানি, প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে কোনো বস্তু v গতিবেগে চলতে থাকলে বস্তুটির আপাত দৈর্ঘ্য হবে, $L = L_o\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ ....(i)

[লরেঞ্জ রূপান্তর হতে পাই]

এখানে, L_o হলো বস্তুটির নিশ্চল দৈর্ঘ্য।

কিন্তু গ্যালিলিও রূপান্তর অনুসারে $L = L_o$ হওয়ার কথা। শূন্যস্থানে আলোর বেগের (c) তুলনায় বস্তুর গতিবেগ (v) অনেক কম মানের হলে অর্থাৎ $v << c$ হলে, $\frac{v}{c} \approx 0$ হবে। এখন (i) নং সমীকরণ হতে লেখা যায়, $L = L_o\sqrt{1-0^2} = L_o$; সুতরাং পর্যবেক্ষক ও পর্যবেক্ষণের মধ্যকার আপেক্ষিক বেগ শূন্যস্থানে আলোর বেগের তুলনায় অনেক কম হলে লরেঞ্জ রূপান্তর গ্যালিলীয় রূপান্তরের রূপ নেয় অর্থাৎ, তখন লরেঞ্জ রূপান্তর ও গ্যালিলিও রূপান্তর একই রকম হয়।

গ দেওয়া আছে, কার্য অপেক্ষক, $W_0 = 2.2$ eV

∴ সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_0 হলে কার্য অপেক্ষক, $W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$

$$\text{বা, } \lambda_0 = \frac{hc}{W_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.2 \times 1.6 \times 10^{-19}} \text{ m}$$
$$= 5.651 \times 10^{-7}\text{m} = 5651 \text{ Å } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি,

$$hf = W_o + K_{max}$$
$$\text{বা, } K_{max} = hf - W_o$$
$$= \frac{hc}{\lambda} - W_o$$
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2550 \times 10^{-10}} - 3.52 \times 10^{-19}$$
$$= 4.285 \times 10^{-19} \text{ J}$$

এখানে,
$\lambda = 2550$ Å
$= 2550 \times 10^{-10}$ m
কার্য অপেক্ষক,
$W_o = 2.2$ eV
$= 2.2 \times 1.6 \times 10^{-19}$J
$= 3.52 \times 10^{-19}$ J
অ্যাপ্লাইড ভোল্টেজ,
$V = 3$ V
আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

ধাতুর নিবৃত্তি বিভব, V_o হলে,

$$K_{max} = eV_o$$
$$\text{বা, } V_o = \frac{K_{max}}{e} = \frac{4.285 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.68 \text{ V}$$

$V_o < V$

তাই, উদ্দীপক অনুযায়ী 3V বিভব প্রয়োগে ফটো কারেন্ট পাওয়া যাবে না।

প্রশ্ন ▸ ১১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৬

পটাশিয়ামের কার্য অপেক্ষক 2 eV। পটাশিয়ামের একটি পাতের উপর প্রথমে 3000 Å এর আলো আপতিত হলো। পরবর্তীতে 4500 Å এর আলো ফেলা হলো। $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s

ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১
খ. চলমান বস্তুর দৈর্ঘ্য কখনও শূন্য হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ১ম ক্ষেত্রে নিঃসৃত ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. "একই ধাতুর উপর আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বাড়ালে নিবৃত্তি বিভব কমে যায়"— উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কাঠামোতে স্থির পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ কাঠামোতে সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান অপেক্ষা ঐ কাঠামোর সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল কোনো পর্যবেক্ষকের নিকট ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান বেশি হয়। এ ঘটনাকে কাল দীর্ঘায়ন বা সময় প্রসারণ বলে।

খ আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্বানুসারে, গতিশীল বস্তুর দৈর্ঘ্য তার স্থির অবস্থার দৈর্ঘ্যর তুলনায় ছোট হয়। দৈর্ঘ্য সংকোচনের সমীকরণটি হলো,

$$L = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

বস্তুটি আলোর সমান বেগে চললে তথা $v = c$ হলে,

$$L = L_0\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}$$
$$\text{বা, } L = L_0\sqrt{1-1}$$
$$\therefore L = 0$$

এখানে,
L = পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় বস্তুর দৈর্ঘ্য
L_0 = পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে স্থির অবস্থায় বস্তুর দৈর্ঘ্য
v = বস্তুর বেগ
c = আলোর বেগ

অর্থাৎ কোনো বস্তুকে আলোর বেগে গতিশীল করা হলে, গতিশীল অবস্থায় তার দৈর্ঘ্য শূন্য হবে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কোনো বস্তুকে আলোর বেগে গতিশীল করা সম্ভব না বলে গতিশীল অবস্থায় কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য কখনো শূন্য হয় না।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.43×10^{-19}J।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ১ম ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব, $V_{o_1} = 2.14$ V, ২য় ক্ষেত্রে $V_{o_2} = 0.76$V, $V_{o_2} < V_{o_1}$।

প্রশ্ন ▸ ১২ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৫

আলোক তড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষায় সোডিয়াম ধাতব পাতের উপর 0.714×10^{15} Hz কম্পাঙ্কের আলো আপতিত করলে নিবৃত্তি বিভব 0.65V হয়। আবার 3.1×10^2 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ফেললে নিবৃত্তি বিভব 1.69 V হয়।

ক. তড়িৎ ফ্লাক্স কাকে বলে? ১

খ. পরিবাহীর রোধের উপর তাপমাত্রার নির্ভরশীলতা লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পরীক্ষণে প্রাপ্ত উপাত্ত হতে সূচন কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

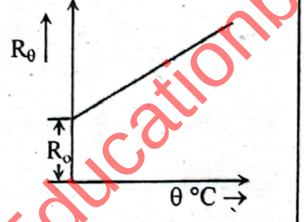
ঘ. উভয় ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ সমান নয়— গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তল বা ক্ষেত্রের মধ্যে দিয়ে উল্লম্বভাবে অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যাকে তড়িৎ ফ্লাক্স বলে।

খ কোনো পরিবাহীর রোধ তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। তাপমাত্রা বাড়লে রোধ বেড়ে যায় এবং তাপমাত্রা কমলে রোধও কমে যায়। আমরা জানি, $R_\theta = R_o + R_o \alpha \theta$ যেখানে, R_o = 0°C তাপমাত্রায় রোধ এবং R_θ = θ°C তাপমাত্রার রোধ নির্দেশ করে। α হল রোধের উষ্ণতা সহগ।

লেখচিত্র হতে দেখা যায় যে, 0°C তাপমাত্রায় এর রোধ, R_o। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে পরিবাহীর রোধও সরলরৈখিকভাবে বাড়তে থাকে। তাপমাত্রা কমালে রোধ কমতে থাকে।



গ আমরা জানি,

$$hf = hf_o + K_{max}$$

$$\text{বা, } hf = hf_o + eV_o$$

$$\text{বা, } f_o = \frac{hf - eV_o}{h}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 0.714 \times 10^{15} - 1.6 \times 10^{-19} \times 0.65}{6.63 \times 10^{-34}}$$

$$= 5.571 \times 10^{14} \text{ Hz } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
$f = 0.714 \times 10^{15}$ Hz
নিবৃত্তি বিভব,
$V_o = 0.65$V
$h = 6.63 \times 10^{-34}$Js
সূচন কম্পাঙ্ক f_o = ?
ইলেকট্রনের আধান,
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

ঘ আমরা জানি,

সর্বোচ্চ বেগের সাথে নিবৃত্তি বিভবের সম্পর্ক

$$v = \sqrt{\frac{2eV_o}{m}}$$

∴ ১ম ক্ষেত্রে, সর্বোচ্চ বেগ

$$v_1 = \sqrt{\frac{2eV_{o_1}}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 0.65}{9.11 \times 10^{-31}}} = 4.78 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,
১ম ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব, $V_{o_1} = 0.65$ V
২য় ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব, $V_{o_2} = 1.69$ V
ইলেকট্রনের আধান, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg
ধরি, ১ম ক্ষেত্রে, সর্বোচ্চ বেগ = v_1
২য় ক্ষেত্রে, সর্বোচ্চ বেগ = v_2

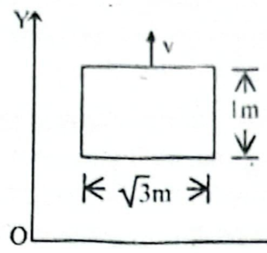
২য় ক্ষেত্রে, সর্বোচ্চ বেগ

$$v_2 = \sqrt{\frac{2eV_{o_2}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.69}{9.11 \times 10^{-31}}} = 7.7 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে, $v_2 \neq v_1$

তাই বলা যায়, উভয় ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ সমান নয়।

প্রশ্ন ▸ ১৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৬



কাগজ টুকরার ভর, m = 10 g

একজন নভোচারী রকেটে করে 0.1 c বেগে পৃথিবী হতে মঙ্গল গ্রহের উদ্দেশ্যে Y-অক্ষ বরাবর রওনা দেন। চিত্রে রকেটে রক্ষিত একটি আয়তাকার কাগজের টুকরোর গতি নির্দেশিত হয়েছে।

ক. বোর ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১

খ. β–ক্ষয়ের ক্ষেত্রে মৌলের প্রোটন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. কাগজ টুকরাটির গতিশীল ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পৃথিবীতে অবস্থানরত একজন ব্যক্তির নিকট কাগজের টুকরোটির ক্ষেত্রফল কত হতে পারে? আপেক্ষিকতার আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক হাইড্রোজেন পরমাণুর ১ম কক্ষপথের ব্যাসার্ধকে বোর ব্যাসার্ধ বলে। এর মান 0.53Å।

খ β কণা হলো দ্রুতগামী ইলেকট্রন যা নিউক্লিয়াস থেকে নির্গত হয়, অথচ নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না। প্রকৃতপক্ষে, নিউক্লিয়াসের একটি নিউট্রন ভেঙে একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটনে পরিণত হয়। সাংকেতিক চিহ্ন দিয়ে একে নিম্নলিখিতভাবে লেখা যায়–

$${}_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}e^0 \text{ (বিটা কণা)}$$

প্রোটনটি নিউক্লিয়াসে থেকে যায়, কিন্তু ইলেকট্রনটি বিটা কণা হিসেবে নির্গত হয়। এ কারণে β ক্ষয়ের ক্ষেত্রে মৌলের প্রোটন সংখ্যা বা পারমাণবিক সংখ্যা এক বৃদ্ধি পায়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 10.051 g।

ঘ যেহেতু কাগজের টুকরাটি Y-অক্ষ বরাবর গতিশীল, তাই কাগজের প্রস্থ বরাবরই সংকোচন হবে।

আমরা জানি,

$$y' = y\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } y' = 1 \times \sqrt{1 - \frac{(0.1c)^2}{c^2}}$$

$$= \sqrt{1 - 0.1^2}$$

$$= 0.995 \text{ m}$$

এখানে,
দৈর্ঘ্য, $x = \sqrt{3}$ m
প্রস্থ, $y = 1$ m
রকেটের বেগ, $v = 0.1$ c
ধরি, কাগজের টুকরাটির গতিশীল দৈর্ঘ্য = y'

পৃথিবীতে অবস্থানরত একজন ব্যক্তির নিকট কাগজের টুকরাটির ক্ষেত্রফল হবে $= xy' = (\sqrt{3} \times 0.995) \text{ m}^2 = 1.723 \text{ m}^2$

প্রশ্ন ▸ ১৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ❙ প্রশ্ন নং ৫

একটি কণা (P) এর স্থির ভর 2×10^{-20} kg। কণাটি 0.91c বেগে গতিশীল। আর একটি কণা (Q) যার স্থির ভর 1.6×10^{-19} kg।

ক. X রশ্মি কী? ১

খ. মাইকেলসন মোরলে পরীক্ষার ফলাফল ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P কণাটির আপেক্ষিক তত্ত্বীয় গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আপেক্ষিক তত্ত্বানুযায়ী P কণাটির ভর Q কণার স্থির ভরের সমান হওয়া সম্ভব– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোনো ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতা সম্পন্ন অজানা প্রকৃতির এক প্রকার বিকিরণ উৎপন্ন হয়, তাই X রশ্মি।

খ অ্যালবার্ট মাইকেলসন ও অ্যাডওয়ার্ড মোরলে ১৮৮৭ খ্রিস্টাব্দে ইথারের অস্তিত্ব নির্ণয়ের জন্য একটি পরীক্ষা করেন যা মাইকেলসন মোরলে পরীক্ষা নামে সুপরিচিত। এই পরীক্ষার ফলাফল নিম্নরূপ:

তারা ভূ-পৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থান ও বিভিন্ন ঋতুতে এই পরীক্ষার পুনরাবৃত্তি করেন কিন্তু প্রতিবারই ডোরা অপসারণ পরিমাপে ব্যর্থ হন। সুতরাং সিদ্ধান্তে আসা যায় আলোর পথের পরিবর্তন ঘটালেও আলোর দ্রুতির পরিবর্তিত হয়নি। এ থেকে এটা প্রমাণিত হয় যে, আলোর দ্রুতি একটি সার্বজনীন ধ্রুবক।

উপরিউক্ত পরীক্ষা থেকে তারা এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, এ মহাবিশ্বে ইথার নামক কোনো মাধ্যমের অস্তিত্ব নেই।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.54×10^{-3} J।

ঘ এখানে,
$m_Q > m_P$
আপেক্ষিক তত্ত্বানুসারে
P কণাটির ভর Q কণার ভরের সমান করা সম্ভব।

এখানে,
P কণার নিশ্চল ভর,
$m_P = 2 \times 10^{-20}$ kg
Q কণার নিশ্চল ভর,
$m_Q = 1.6 \times 10^{-19}$ kg
আলোর বেগ = c

ধরি, v বেগে গতিশীল
হলে P কণার ভর Q কণার ভরে সমান হবে
সুতরাং, $m_o = m_p$ এবং $m = m_Q$

আমরা জানি, $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_o}{m} = \frac{2 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{1}{8}$

বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{64} = \frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{64} = \frac{63}{64}$

বা, $v = \sqrt{\frac{63}{64}} \times c = 0.992\ c$

অর্থাৎ, P কণাটি 0.992 c বেগে গতিশীল হলে এর ভর Q কণার স্থির ভরের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫ **কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৫**

একটি ধাতুর উপর 3000 Å এবং 4400 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট দুটি তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ আলাদাভাবে ফেলা হলো। ফলে দুটি ক্ষেত্রেই ধাতব পৃষ্ঠ হতে ইলেকট্রন নির্গত হলো। ধাতুটির সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 5454 Å।

ক. কৃষ্ণবস্তু কাকে বলে? ১
খ. বস্তুর বেগ বৃদ্ধি পেলে দৈর্ঘ্য সংকোচন বৃদ্ধি পায়—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে ধাতুটির কার্যাপেক্ষক MeV এককে নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ধাতুর উপর আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলে নিবৃত্তি বিভব কমে— উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বস্তু তার ওপর আপতিত সকল দৃশ্য ও অদৃশ্য তাড়িত চৌম্বক বিকিরণ শোষন করে তাকে কৃষ্ণবস্তু বলে।

খ আমরা জানি,

দৈর্ঘ্য সংকোচন, $L = L_o\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ যেখানে, L_o = স্থির অবস্থায় বস্তুর দৈর্ঘ্য; L = গতিশীল অবস্থায় বস্তুর দৈর্ঘ্য: V = বস্তুর বেগ এবং c = আলোর বেগ।

সমীকরণটি হতে দেখা যায় যে, L এর মান বেগ v এর উপর নির্ভর করে। বেগ বৃদ্ধি পেলে $\frac{v^2}{c^2}$ এর মান বৃদ্ধি পায়। ফলে $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ এর মান কমে যায়। এতে করে দৈর্ঘ্য L আরো বেশি পরিমাণে সংকুচিত হয়। অর্থাৎ দৈর্ঘ্যের সংকোচন বৃদ্ধি পায়।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.28125×10^{-6} MeV।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: তরঙ্গদৈর্ঘ্য 3000 Å হলে নিবৃত্তি বিভব 1.86 V এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য 4400 Å হলে নিবৃত্তি বিভব 0.55 V হয়। সুতরাং ধাতুর ওপর আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলে নিবৃত্তি বিভব কমে।

প্রশ্ন ▶ ১৬ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৬**

একজন মহাশূন্যচারী 30 বছর বয়সে 1.8×10^8 ms^{-1} বেগে গতিশীল মহাশূন্যযানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেলেন এবং পৃথিবীর হিসেবে 30 বছর পরে ফিরে এলেন। ঐ মহাশূন্যযানের দৈর্ঘ্য 120 m এবং ভর 2200 kg ছিল।

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী? ১
খ. $E = mc^2$ সমীকরণটির অর্থ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে বর্ণিত মহাশূন্যচারী পৃথিবীতে ফিরে এলে তাঁর কাছে তার বয়স কত হবে? ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যযানের দৈর্ঘ্য ও ভর স্থির অবস্থায় দৈর্ঘ্য ও ভরের পার্থক্য হবে কী? তোমার উত্তর গাণিতিক বিশ্লেষণে দাও। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন মুক্ত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্কই ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক।

খ $E = mc^2$ সমীকরণটি ভর শক্তি সম্পর্ক প্রকাশ করে।
এখানে, E = শক্তি, m = বস্তুর ভর এবং c = আলোর দ্রুতি।
যদি m ভরকে সম্পূর্ণরূপে শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় তাহলে তা থেকে mc^2 পরিমাণ শক্তি পাওয়া যায়।

গ আমরা জানি,

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

বা, $t_o = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$= 30 \times \sqrt{1 - \frac{(1.8 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}$

$= 24$ yrs

এখানে,
মহাশূন্যযানের বেগ,
$v = 1.8 \times 10^8$ ms^{-1}
এখানে,
$t = 30$ yrs
সুতরাং, $t_o = ?$

সুতরাং, মহাশূন্যচারী পৃথিবীতে ফিরে এলে তার কাছে তার বয়স মনে হবে (30 + 24) = 54 বছর **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$L = L_o\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$= 120\sqrt{1 - \frac{(1.8 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}$

$= 96$ m

সুতরাং, দৈর্ঘ্য পরিবর্তন,
$\Delta L = L_o - L$
$= 120 - 96 = 24$ m

এখানে,
বেগ, $v = 1.8 \times 10^8$ ms^{-1}
দৈর্ঘ্য, $L_o = 120$ m
ভর, $m_o = 2200$ kg

ধরি,
গতিশীল অবস্থার দৈর্ঘ্য = L
গতিশীল অবস্থার ভর = m

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2200}{\sqrt{1 - \frac{(1.8 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}} = 2750 \text{ kg}$$

∴ ভর বৃদ্ধি = $m - m_o = 2750 - 2200 = 550$ kg।

সুতরাং গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যযানের দৈর্ঘ্য 24 m হ্রাস এবং ভর 550 kg বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▸ ১৭ **সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৫**

রাইসা আলোক তড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষায় পটাশিয়াম ধাতুর উপর যথাক্রমে 4300 Å ও 5600 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করল। পটাশিয়ামের কার্য অপেক্ষক 2.1 eV.।

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১

খ. এক্স রশ্মি নলে টার্গেট হিসেবে উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট ধাতুর ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. পটাশিয়ামের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রাইসার পরীক্ষায় আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিবর্তনের ফলে পটাশিয়ামের নিবৃত্তি বিভবের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

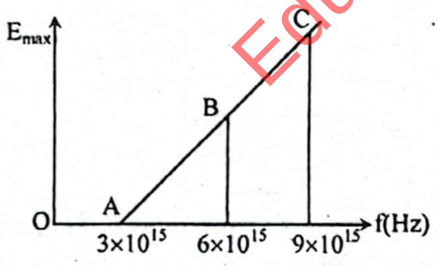
ক কোনো কাঠামোতে স্থির পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ কাঠামোতে সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান অপেক্ষা ঐ কাঠামোর সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল কোনো পর্যবেক্ষকের নিকট ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান বেশি হয়। এই ঘটনাই হলো কাল দীর্ঘায়ন বা সময় প্রসারণ।

খ এক্স রশ্মি নলে টার্গেট হিসেবে উচ্চ গলনাংক বিশিষ্ট ধাতু ব্যবহার করা হয়। টার্গেট হিসেবে টাংস্টেন, প্লাটিনাম বা মলিবডেনাম ইত্যাদি উচ্চ পারমাণবিক সংখ্যা ও উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট ধাতু ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড হতে ইলেকট্রন তীব্র বেগে ধাবিত হয়ে টার্গেটে আঘাত করবে এবং তা থেকে X-ray উৎপন্ন হবে। টার্গেটের গলনাংক কম হলে X-ray এর ভেদনক্ষমতাও কম হবে। তাই বেশি গলনাংক বিশিষ্ট ধাতু ব্যবহার করলে X-ray এর ভেদন ক্ষমতাও বেশি হবে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5919.6 Å।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: নিবৃত্তি বিভব 0.67 V কমে যাবে।

প্রশ্ন ▸ ১৮ **যশোর বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৬**



চিত্রে ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার ক্ষেত্রে ধাতব পাতের উপর আপতিত আলোর কম্পাঙ্ক বনাম ধাতব পাত থেকে নির্গত ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি দেখানো হয়েছে।

ক. ডোপিং কী? ১

খ. নিউক্লিয়ার ফিশান ও ফিউশন বিক্রিয়ার মধ্যে কোনটি অধিক নিরাপদ? ২

গ. উদ্দীপকের B বিন্দুতে সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. B ও C বিন্দুতে নিবৃত্তি বিভবের পার্থক্য গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ নিউক্লিয়ার ফিশান ও ফিউশন বিক্রিয়ার মধ্যে নিউক্লিয়ার ফিউশন বিক্রিয়া অধিক নিরাপদ। কারণ নিউক্লীয় ফিউশন বিক্রিয়ায় কম পরিমাণে তেজস্ক্রিয় বর্জ্য উৎপন্ন হয়। অন্যদিকে নিউক্লীয় ফিশান বিক্রিয়ায় ক্ষতিকর তেজস্ক্রিয় বর্জ্য উৎপন্ন হয় যা নিরাপদভাবে হাজার বছরের জন্য সংরক্ষণের প্রয়োজন পড়ে। নিউক্লীয় ফিশান বিক্রিয়া যদি অনিয়ন্ত্রিত হয় তাহলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হবে ফলে নজিরবিহীন বিস্ফোরণ ঘটাতে পারে। এদিক বিবেচনায় নিউক্লীয় ফিউশন বিক্রিয়া নিউক্লীয় ফিশানের চেয়ে অধিক নিরাপদ।

গ

ধাতুর কার্য অপেক্ষক, $\phi = hf_o$

বা, $\phi = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{15}$

$= 1.989 \times 10^{-18}$ J

এখানে, প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-24}$ Js
লেখচিত্র অনুসারে ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক, $f_o = 3 \times 10^{15}$ Hz

বাকি অংশ: ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 1.989×10^{-18} J।

ঘ দেওয়া আছে,

B বিন্দুতে কম্পাংক $f_B = 6 \times 10^{15}$ Hz

$\therefore$ তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda_B = \frac{v}{f_B} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{15}} = 5 \times 10^{-8}$ Hz

আবার,

C বিন্দুতে কম্পাংক $f_C = 9 \times 10^{15}$ Hz

$\therefore$ তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $\lambda_C = \frac{v}{f_C} = \frac{3 \times 10^8}{9 \times 10^{15}} = 3.33 \times 10^{-8}$ Hz

বাকি অংশ: ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 12.5V।

প্রশ্ন ▸ ১৯ **বরিশাল বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৬**

নাবিহা ফটোতড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষা করার জন্য 3 eV কার্যাপেক্ষকের একখন্ড ধাতু নিল। ধাতুটিতে 280 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হলো। সে তার বান্ধবী নিলাকে বলল, ধাতুটি থেকে 7.11×10^5 m/s বেগের ইলেকট্রন নির্গত হয়।

ক. কার্যাপেক্ষক কাকে বলে? ১

খ. আলোর ঔজ্জ্বল্য বাড়লে ফটো কারেন্ট বাড়ে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পরীক্ষণে ব্যবহৃত আলোর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. নাবিহার উক্তির যথার্থতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখণ্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখন্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

খ যে কোনো নির্দিষ্ট কম্পাংকের জন্য ফটোপ্রবাহ আপতিত আলোর ঔজ্জ্বল্য বা তীব্রতার সমানুপাতিক। আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি পেলে ফটো কারেন্ট বাড়ে এবং আলোর তীব্রতা হ্রাস পেলে ফটো কারেন্ট কমে। কারণ আলোর তীব্রতা বেশি হলে ফোটনের সংখ্যা বেশি হয়। ফলে বেশি ইলেকট্রন নির্গত হয়। এতে কারেন্টের মান বৃদ্ধি পায়।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 414.4 nm।

ঘ

আমরা জানি, $\frac{hc}{\lambda} = W + K_{max}$

বা, $K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - W$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{280 \times 10^{-9}} - 4.8 \times 10^{-19}$

$= 2.30 \times 10^{-19}$ J

আবার, $\frac{1}{2} mv_{max}^2 = K_{max}$

বা, $v_{max} = \sqrt{\frac{2K_{max}}{m}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 2.30 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}} = 7.11 \times 10^5\ ms^{-1}$

এখানে,
কার্যাপেক্ষক,
$W = 3eV$
$= 3 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J
$= 4.8 \times 10^{-19}$ J
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 280$ nm
$= 280 \times 10^{-9}$ m
আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ j.s
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

সুতরাং, নাবিহার উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▸ ২০ ঢাকা বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৫

অনন্যা সিজিয়াম ধাতুর পাতে 4.5×10^{-7}m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করে ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষা পরিচালনা করছে। সে নিবৃত্তি বিভব পেলো 1.5 V। পরবর্তীতে 5.5×10^{-7} m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সবুজ আলো ব্যবহার করে।
[দেয়া আছে, ইলেকট্রনের ভর 9.1×10^{-31} kg]

ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তুর ভর কখনো অসীম হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সবুজ আলো ব্যবহার করায় ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা সূত্র থেকে আমরা জানি, $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$

যেখানে, m_0 = বস্তুর স্থির ভর, m = বস্তুর গতিশীল ভর, v = বস্তুর বেগ। এখন, বস্তুর ভর m অসীম হবে যদি ভগ্নাংশের হরের মান শূন্য হয়।

$$\therefore \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 0$$

$$\text{বা, } 1-\frac{v^2}{c^2} = 0$$

$$\text{বা, } 1 = \frac{v^2}{c^2}$$

$$\text{বা, } v^2 = c^2$$

$$\text{বা, } v = c$$

অর্থাৎ, কোনো বস্তুর বেগ যদি আলোর বেগের সমান হয়, তাহলেই তার ভর অসীম হওয়া সম্ভব। কিন্তু কোনো বস্তুর বেগ প্রকৃত পক্ষে আলোর বেগের সমান হতে পারে না। তাই বলা যায়, কোনো বস্তুর ভর কখনো অসীম হতে পারে না।

গ এখানে, নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 1.5$ V
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ধরি, ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ = v_{max}

আমরা জানি, ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগের জন্য, $\frac{1}{2} m (v_{max})^2 = eV_0$

$$\text{বা, } (v_{max})^2 = \frac{eV_0 \times 2}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.5 \times 2}{9.1 \times 10^{-31}}$$

$$\text{বা, } (v_{max})^2 = 5.275 \times 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\therefore v_{max} = 7.263 \times 10^5 \text{ m/s}$$

অতএব, ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ = 7.263×10^5 m/s **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকে ব্যবহৃত সবুজ আলোর শক্তির মান যদি সিজিয়ামের কার্যাপেক্ষকের মানের চেয়ে বেশি হয় তাহলে ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে।

'গ' হতে পাই, সর্বোচ্চ বেগ,
$V_{max} = 7.263 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$
আমরা জানি,
$hf = K_{max} + W$

$$\text{বা, } W = \frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2}mv^2_{max}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4.5 \times 10^{-7}} - \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times (7.263 \times 10^5)^2$$

$$= 4.42 \times 10^{-19} - 10^{-19}$$

$$= 2.02 \times 10^{-19} \text{ J}$$

এখানে,
প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$= \lambda = 4.5 \times 10^{-7}$ m
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
সবুজ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_g = 5.5 \times 10^{-7}$ m
কার্যাপেক্ষক, W = ?
সবুজ আলোর শক্তি, E = ?

আবার, সবুজ আলোর শক্তি,

$$E = hf_g = \frac{hc}{\lambda_g} \text{ বা, } E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5.5 \times 10^{-7}}$$

$$\therefore E = 3.62 \times 10^{-19} \text{ J}$$

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায়, E > W; অর্থাৎ, সবুজ আলোর শক্তি সিজিয়ামের কার্যাপেক্ষক অপেক্ষা বেশি।
সুতরাং, ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে।

প্রশ্ন ▸ ২১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৫

কোনো এক মহাকাশ গবেষণা কেন্দ্র থেকে 500 kg ভরের এবং 11.5 m দৈর্ঘ্যের একটি নভোযান 0.3c বেগে উৎক্ষেপণ করা হয়েছিল।

ক. সূচন কম্পাংক কাকে বলে? ১

খ. "ফিশনের পর উৎপাদের মোট ভর বিক্রিয়কের মোট ভরের তারতম্য হয়, কেন?" ব্যাখ্যা করো। ২

গ. নভোযানের চলমান দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নভোযানটির বেগ দ্বিগুণ করলে গতিশীল ভর দ্বিগুণ হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো উক্ত ধাতুর ওপর ফেলা হলে ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন মুক্ত হয় না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ নিউক্লিয় ফিশনে কিছু ভর অদৃশ্য হয়। কারণ, আইনস্টাইনের ভরশক্তি সমীকরণ $E = mc^2$ অনুসারে এই অদৃশ ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ কারণে ফিশনের পর উৎপাদের মোট ভর বিক্রিয়কের মোট ভরের তারতম্য হয়। উদাহরণ স্বরূপ, ${}^{235}_{92}$U কে নিউট্রন ${}^{1}_{0}$n দ্বারা আঘাত করলে নিউক্লিয় ফিশন ঘটে। এতে ${}^{235}_{92}$U নিউক্লিয়াস বিভাজিত হয়ে কম ভরের দুটি নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয় এবং দুটি বা তিনটি নিউট্রন ${}^{1}_{0}$n নির্গত হয়। বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ${}^{1}_{0}$n ও ${}^{235}_{92}$U এর মোট ভর অপেক্ষা উৎপন্ন নিউক্লিয়াসদ্বয় ও নিউট্রনগুলোর মোট ভর সামান্য কম হয়।

গ 8(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 10.97 m।

ঘ এখানে,
ভূ-পৃষ্ঠে স্থির অবস্থায় রকেটের ভর, $m_o = 500$ kg
প্রথম ক্ষেত্রে, রকেটের বেগ, $v_1 = 0.3\text{c ms}^{-1}$
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, রকেটের বেগ, $v_2 = 2v_1 = 2 \times 0.3\text{c ms}^{-1} = 0.6\text{c ms}^{-1}$
আলোর বেগ = c ms^{-1}

প্রথম ক্ষেত্রে রকেটের চলমান ভর m_1 হলে,
আমরা জানি,

$$m_1 = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{500}{\sqrt{1-\frac{(0.3c)^2}{(c)^2}}} = 524.142 \text{ kg}$$

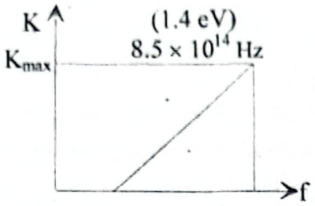
আবার, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে রকেটের চলমান ভর m_2 হলে,

$$m_2 = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{500}{\sqrt{1-\frac{(0.6c)^2}{(c)^2}}} = 625 \text{ kg}$$

যেহেতু, $\frac{m_2}{m_1} = \frac{625}{524.142}$
= 1.1924, যা 2 অপেক্ষা কম।

অতএব, উদ্দীপকে রকেটের বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ভর বেড়ে যাবে কিন্তু দ্বিগুণ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২২ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫



দ্বাদশ শ্রেণির বিজ্ঞানের ছাত্রী মিনা পরীক্ষাগারে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শন করে তার প্রাপ্ত ফলাফল হতে উল্লিখিত গ্রাফটি অঙ্কন করলো। পরীক্ষাগারে 1.5 volt এর একটি ব্যাটারী আছে।

ক. আপেক্ষিকতার প্রথম স্বীকার্য বিবৃত করো। ১
খ. নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়া দ্রুত হারে বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. মিনা কি কোনোভাবে উক্ত পরীক্ষায় প্রাপ্ত ফটোপ্রবাহ ঐ ব্যাটারীর সাহায্যে বন্ধ করতে পারবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আপেক্ষিকতার প্রথম স্বীকার্যটি হলো— সকল জড় প্রসজ্ঞা কাঠামোতে পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলো একই রূপে থাকে।

খ যে প্রক্রিয়ায় ভারী পরমাণুর নিউক্লিয়াস বিভাজিত হয়ে প্রায় সমান ভরের দুটি নিউক্লিয়াস তৈরি হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে নিউক্লিয়ার ফিশন বলে। যেমন: $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow \left[^{236}_{92}U\right]^* \rightarrow$ $^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n +$ শক্তি (200 MeV)। এখানে, $^{235}_{92}U$ নিউক্লিয়াস ফিশন প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে 3টি দ্রুতগতিসম্পন্ন নিউট্রন সৃষ্টি হয়। এই নিউট্রনগুলোর আঘাতে আরও ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসে ফিশন ঘটে। এরূপ ধারাবাহিকভাবে ফিশন প্রক্রিয়া চলতে থাকে। এজন্য একে চেইন রিঅ্যাকশন বলা হয়। চেইন বা শৃঙ্খল বিক্রিয়া হবার কারণেই নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়া দ্রুত হারে বৃদ্ধি পায়।

গ আমরা জানি, ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার সমীকরণ,

$E = \varphi + K_{max}$
বা, $hf = \varphi + K_{max}$
বা, $\varphi = hf - K_{max}$
বা, $\varphi = (6.626 \times 10^{-34} \times 8.5 \times 10^{14}) - (1.4 \times 1.6 \times 10^{-19})$ J
$\therefore \varphi = 3.392 \times 10^{-19}$ J

এখন, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_0 হলে,

$$\varphi = \frac{hc}{\lambda_0}$$

বা, $\lambda_0 = \frac{hc}{\varphi} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3.392 \times 10^{-19}}$
$= 5.86 \times 10^{-7}$ m **(Ans.)**

এখানে,
শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ m/s
উদ্দীপকের গ্রাফ থেকে পাই,
আপতিত আলোর কম্পাঙ্ক, $f = 8.5 \times 10^{14}$ Hz
প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js
ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি $K_{max} = 1.4$ eV
$= 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J
কার্যাপেক্ষক, $\varphi = ?$
সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_0 = ?$

ঘ আমরা জানি, ফটোতড়িৎ ক্রিয়ায় ব্যবহৃত ব্যাটারির সাহায্যে ক্যাথোডের সাপেক্ষে অ্যানোডে ঋণাত্মক বিভব প্রয়োগ করলে বিভবের একটি নির্দিষ্ট মানের জন্য ফটোপ্রবাহ শূন্য হয়। যা নিবৃত্তিবিভব (V_S)। ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি K_{max} হলে, $K_{max} = eV_S$

বা, $1.4\ eV = eV_S$
বা, $1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-19}\ V_s$
বা, $V_S = 1.4$ V

এখানে, মিনার পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত, e এর সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = 1.4$ eV
নিবৃত্তি বিভব, $V_S = ?$
ব্যাটারির তড়িচ্চালক শক্তি, $V = 1.5$ V

সুতরাং, উদ্দীপকে মিনার ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার জন্য নিবৃত্তি বিভব $V_S = 1.4$ V দেখা যাচ্ছে, $V_S < V$

অর্থাৎ, মিনা পরীক্ষাগারে 1.5 V ব্যাটারির সাহায্যে ক্যাথোডের সাপেক্ষে অ্যানোডে ঋণাত্মক বিভব প্রয়োগ করে ফটোপ্রবাহ বন্ধ করতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ২৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৬

ফটোতড়িৎ ক্রিয়ায় A, B এবং C তিনটি ধাতব প্লেট ব্যবহার করা হলো যাদের কার্যাপেক্ষক যথাক্রমে $W_A = 3eV$, $W_B = 4eV$ এবং $W_C = 5eV$ এবং আলাদাভাবে এদের উপর যথাক্রমে 500 nm, 400 nm এবং 300 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমতীব্রতার আলো ফেলে ফটোতড়িতের মান পরীক্ষা করা হলো। [$h = 6.6 \times 10^{-34}$Js]

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১
খ. X-Ray পরীক্ষায় প্রাপ্ত X-Ray এর তীব্রতা পরীক্ষনের কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ব্যাখ্যাসহ লিখো। ২
গ. A প্লেটের ক্ষেত্রে নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের তথ্য হতে তিনটি ধাতুর ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভবের মানের তুলনামূলক বিশ্লেষণ করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কাঠামোতে স্থির পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ কাঠামোতে সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান অপেক্ষা ঐ কাঠামোর সাপেক্ষে আলোর কাছাকাছি ও ধ্রুববেগে গতিশীল কোনো পর্যবেক্ষকের নিকট ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান বেশি হয়। এই ঘটনাই হলো কাল দীর্ঘায়ন বা সময় প্রসারণ।

খ X-Ray এর তীব্রতা বলতে বোঝায় একক সময়ে কতটুকু X-Ray তৈরি হচ্ছে। X-Ray পরীক্ষায় প্রাপ্ত X-ray এর তীব্রতা নির্ভর করে অ্যানোডে আঘাতকারী ইলেকট্রন সংখ্যার উপর যা ফিলামেন্টের তড়িৎ প্রবাহ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। ফিলামেন্টের তড়িৎ প্রবাহ যত বেশি হবে, ফিলামেন্টের তাপমাত্রা তত বৃদ্ধি পায়, ফলে ফিলামেন্ট থেকে নির্গত ইলেকট্রন এর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। এর ফলে, একক সময়ে অ্যানোডে আঘাতকারী ইলেকট্রন এর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। ফলে, X-Ray এর তীব্রতা বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে,
ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $W_A = 3\ eV = 3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.8 \times 10^{-19}$ J
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 500\ nm = 500 \times 10^{-9}$ m
$= 5 \times 10^{-7}$ m

সুতরাং, আপতিত আলোর কম্পাঙ্ক, $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{-7}}$
[∵ আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ m/s]
$= 6 \times 10^{14}$ Hz

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতি শক্তি, $K_{max} = ?$

আমরা জানি,

$$K_{max} = hf - W_A$$
$$= (6.63 \times 10^{-34} \times 6 \times 10^{14}) - (4.8 \times 10^{-19})$$
$$= (3.978 \times 10^{-19}) - (4.8 \times 10^{-19}) = -8.22 \times 10^{-20}\ J$$

∵ K_{max} এর মান ঋণাত্মক। অতএব, A প্লেটের ক্ষেত্রে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না। অর্থাৎ, ইলেকট্রনের বেগ শূন্য হবে। **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি, ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার ক্ষেত্রে–

$hf = eV_0 + W_0$ .... (i)

এখানে,
$h =$ প্লাঙ্কের ধ্রুবক $= 6.6 \times 10^{-34}$ J.s
$f =$ আলোর কম্পাঙ্ক $= \frac{c}{\lambda}$

যেখানে c হলো শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ ও λ হলো আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য।
$e =$ ইলেকট্রনের চার্জ $= 1.6 \times 10^{-19}$ C।
$V_0 =$ নিবৃত্তি বিভব ও $W_0 =$ কার্যাপেক্ষক
আবার, কর্মাপেক্ষক, $W_0 = hf_0$

এখানে, A, B ও C ধাতব প্লেটের কার্যাপেক্ষক যথাক্রমে—
$W_A = 3\ eV = 3 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J
$W_B = 4\ eV = 4 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J
$W_C = 5\ eV = 5 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

A, B ও C প্লেটের ওপর আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য যথাক্রমে—

$\lambda_A = 500 \text{ nm} = 500 \times 10^{-9}$ m,

$\lambda_B = 400 \text{ nm} = 400 \times 10^{-9}$ m ও $\lambda_C = 300 \text{ nm} = 300 \times 10^{-9}$ m।

(i) নং সমীকরণ হতে আমরা পাই,

$$V_0 = \frac{hf - W_0}{e} \quad \text{.............................} \quad (ii)$$

∴ A ধাতব প্লেটের ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব –

$$V_A = \frac{hf_A - W_A}{e} = \frac{\left(h \times \frac{c}{\lambda_A}\right) - W_A}{e}$$

$$= \frac{\left(6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{500 \times 10^{-9}}\right) - (3 \times 1.6 \times 10^{-19})}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= -0.525 \text{ V}$$

B ধাতব প্লেটের ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব –

$$V_B = \frac{hf_B - W_B}{e} = \frac{\left(h \times \frac{c}{\lambda_B}\right) - W_B}{e}$$

$$= \frac{\left(6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}}\right) - (4 \times 1.6 \times 10^{-19})}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= -0.90625 \text{ V}$$

C ধাতব প্লেটের ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব–

$$V_c = \frac{hf_c - W_c}{e} = \frac{\left(h \times \frac{c}{\lambda_c}\right) - W_c}{e}$$

$$= \frac{\left(6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}}\right) - (5 \times 1.6 \times 10^{-19})}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= -0.875 \text{ V}$$

যেহেতু A, B ও C ধাতব প্লেট সবগুলোর নিবৃত্তি বিভব এর মান ঋণাত্মক সুতরাং এগুলোর কোনোটি থেকেই ইলেকট্রন নির্গত হবে না। A, B ও C ধাতব প্লেটের নিবৃত্তি বিভবের মান বিবেচনায় দেখা যায় যে,

$|V_B| > |V_C| > |V_A|$।

অর্থাৎ, B ধাতব প্লেটের নিবৃত্তি বিভব সর্বোচ্চ ও A ধাতব প্লেটের নিবৃত্তি বিভব সর্বনিম্ন হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৪ **কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৫**

একজন মহাশূন্যচারী 25 বছর বয়সে 1.8×10^8 m/sec বেগে গতিশীল একটি মহাশূন্যযানে চড়ে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন। পৃথিবীর হিসাবে তিনি 30 বছর মহাকাশে কাটিয়ে ভূপৃষ্ঠে ফিরে এলেন। পৃথিবীতে মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য ছিল 80 m।

ক. ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়া কী? ১

খ. প্লাটিনামের সূচক কম্পাংক 15.24×10^{14} Hz বলতে কী বুঝো? ২

গ. পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত মহাশূন্যচারী ভূ-পৃষ্ঠে ফিরে এসে 45 তম জন্মদিন পালন করবে— এ কথার সঠিকতা যাচাই করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাই হলো ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়া।

খ প্লাটিনামের সূচন কম্পাঙ্ক 15.24×10^{14} Hz বলতে বোঝায়, উক্ত ধাতুর উপর সর্বনিম্ন 15.24×10^{14} Hz কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে তা থেকে ফটোইলেকট্রন নির্গত হয় কিন্তু 15.24×10^{14} Hz এর কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট রশ্মি আপতিত হলে তা থেকে ফটোইলেকট্রন নির্গত হয় না।

গ 8(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 64 m।

ঘ 8(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** মহাশূন্যচারী যখন ভূ-পৃষ্ঠে ফিরে আসে তখন তার বয়স হয় 49 বছর। সুতরাং সে ভূপৃষ্ঠে ফিরে এসে 45 তম জন্মদিন পালন করতে পারবে না। তাই কথাটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▸ ২৫ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৬**

5.55×10^{14} Hz সূচন কম্পাংকের একখণ্ড ধাতুর উপর 2800Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পতিত হলে ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়।

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কাকে বলে? ১

খ. ভরের আপেক্ষিকতা বলতে কী বুঝো? ২

গ. নির্গত ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ধাতুখণ্ডের উপর 3800Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে অনেক বেশি বেগে গতিশীল থাকার কারণে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য কমে যাওয়ার ঘটনাকে দৈর্ঘ্য সংকোচন বলে।

খ আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা সূত্র অনুযায়ী, বস্তুর স্থির অবস্থায় ভর এবং গতিশীল অবস্থায় ভর এক নয়। বস্তুর গতি বৃদ্ধির সাথে সাথে ভরও বৃদ্ধি পায়। একে ভরের আপেক্ষিকতা বলে। বস্তুর স্থির অবস্থায় ভর m_o এবং গতিশীল অবস্থায় ভর m হলে, আইনস্টাইনের আপেক্ষিক সূত্র অনুযায়ী, $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

এখানে, v হলো বস্তুর বেগ এবং c হলো আলোর বেগ। অতএব, বস্তুর ভর পরম কিছু নয় বরং বস্তুর ভর আপেক্ষিক।

গ আমরা জানি,

$hf = k_{max} + \phi$

বা, $k_{max} = hf - \phi$

বা, $\frac{1}{2} m (v_{max})^2 = \frac{hc}{\lambda} - hf_o$

বা, $\frac{1}{2} m (v_{max})^2$

$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2800 \times 10^{-10}} - 6.63 \times 10^{-34} \times 5.55 \times 10^{14}$

বা, $\frac{1}{2} m (v_{max})^2$

$= 7.104 \times 10^{-19} - 3.679 \times 10^{-19}$

বা, $\frac{1}{2} m (v_{max})^2 = 3.43 \times 10^{-19}$

এখানে,

আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 2800$ Å

$= 2800 \times 10^{-10}$ m

সূচন কম্পাংক,

$f_o = 5.55 \times 10^{14}$ Hz

কার্যাপেক্ষক, $\phi = hf_0$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

নির্গত ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ, $v_{max} = ?$

$$\therefore v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 3.43 \times 10^{-19}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 3.43 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$= 8.68 \times 10^5$ ms^{-1} **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

কার্যাপেক্ষক, $\varphi_o = hf_o$

বা, $\frac{hc}{\lambda_o} = hf_o$

বা, $\frac{c}{\lambda_o} = f_o$

এখানে,

প্লাঙ্কের ধ্রুবক = h

সূচন কম্পাংক, $f_o = 5.55 \times 10^{14}$ Hz

শূন্যস্থানে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_o = ?$

বা, $\lambda_o = \frac{c}{f_o} = \frac{3 \times 10^8}{5.55 \times 10^{14}} = 5.4054 \times 10^{-7}$ m

∴ সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_o = 5405.4$ Å

আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800$ Å

লক্ষ করি, 5405.4 Å > 3800 Å

অর্থাৎ, $\lambda_o > \lambda$

এখানে, আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ধাতুর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা কম, অর্থাৎ এর সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা আপতিত আলোর কম্পাঙ্ক বেশি। [∵ $f \propto \frac{1}{\lambda}$]

সুতরাং, ধাতুখণ্ড হতে ইলেকট্রন নির্গত হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৬ **সিলেট বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৬**

একজন মহাশূন্যচারী 25 বছর বয়সে 2.5×10^8 ms^{-1} বেগে একটি রকেটে চড়ে নতুন গ্রহ অনুসন্ধানে গেল। পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য ছিল 72 m।

ক. দ্য ব্রগলীর তরঙ্গ কী? ১

খ. কৃষ্ণ গহ্বর হতে আলো নির্গত হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উক্ত গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য কত হবে? ৩

ঘ. অনুসন্ধান শেষে নভোচারী পৃথিবীর হিসাবে 25 বছর পর ফিরে আসলে আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুযায়ী তার বয়স পৃথিবীর ক্যালেন্ডার মোতাবেক একই হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেকটি চলমান বস্তু কণার সাথে একটি তরঙ্গ যুক্ত থাকে। আবিষ্কারকের নামানুসারে এই তরঙ্গই হলো দ্য-ব্রগলী তরঙ্গ।

খ কৃষ্ণ গহ্বরের আয়তন খুবই ক্ষুদ্র কিন্তু ভর অত্যধিক হওয়ায় এর ঘনত্ব ও মাধ্যাকর্ষণ বল প্রায় অসীম। ফলে এর মুক্তিবেগ আলোর বেগের তুলনায় বেশি ও কৃষ্ণ গহ্বরের মাধ্যাকর্ষণ শক্তি এত প্রবল যে কোন বস্তু এর মধ্যে প্রবেশ করলে বা নাগালের মধ্যে আসলে আর বাইরে আসতে পারে না। এমনকি আলোক কণিকা ফোটনও এর মাধ্যাকর্ষণ শক্তি হতে মুক্ত হতে পারে না। কৃষ্ণ গহ্বরের থেকে কোন প্রকার ফোটন নির্গত হলেও বেশি দূরে যাওয়ার আগেই বিবর কর্তৃক পুনরায় আকৃষ্ট হয় এবং তা আর বাইরে বের হতে পারে না। তাই এসব বস্তু থেকে নিঃসৃত বা প্রতিফলিত আলো আমরা দেখতে পাই না। অর্থাৎ, কৃষ্ণ গহ্বর থেকে আলো নির্গত হতে পারে না।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 39.8 m।

ঘ আমরা জানি,

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$\text{বা, } t_o = t\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$= 25\sqrt{1 - \left(\frac{2.5 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}$$

$$= 13.82\ y$$

দেওয়া আছে,
ভূ-পৃষ্ঠ থেকে নির্ণীত সময় ব্যবধান, $t = 25\ y$
শূন্যস্থানে আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$
রকেটের বেগ, $v = 2.5 \times 10^8\ ms^{-1}$
রকেটে মহাশূন্যচারীর বয়স বৃদ্ধি, $t_o = ?$

এখন, পৃথিবীর হিসাবে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স $= 25 + 25 = 50\ y$

এবং আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স $= (25 + 13.82)\ y$
$= 38.82\ y$

অতএব, আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বয়স পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী বয়স অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৭ **যশোর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৬**

কবির ও আবির 30 বছর বয়সে যথাক্রমে 0.88c এবং 0.99c বেগে গতিশীল দুটি মহাশূন্য যানে করে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন। পৃথিবীর হিসেবে 20 বছর পর তারা পৃথিবীতে ফিরে এলেন।

ক. আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতার দ্বিতীয় স্বীকার্যটি লেখো। ১

খ. কী শর্তে লরেন্টজ রূপান্তর গ্যালিলিয় রূপান্তরে কিংবা গ্যালিলিয় রূপান্তর লরেন্টজ রূপান্তরে পরিবর্তিত হয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে পৃথিবীতে ফিরে আসার পর তাদের বয়সের ব্যবধান কত হবে? ৩

ঘ. যাত্রাকালে পৃথিবীতে উভয়ের ভর 70 kg হলে গতিশীল অবস্থায় তাদের ভর সমান কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতার দ্বিতীয় স্বীকার্যটি হলো— শূন্যস্থানে সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর দ্রুতি c এর মান একই থাকে।

খ যদি গতিশীল কাঠামোর বেগ v, আলোর বেগের তুলনায় খুবই ছোট হয়, অর্থাৎ $v << c$ হয়, তাহলে লরেন্টজ রূপান্তর গ্যালিলিয় রূপান্তরে বা গ্যালিলিয় রূপান্তর লরেন্টজ রূপান্তরে পরিবর্তিত হয়।

লরেন্টজ রূপান্তর থেকে আমরা জানি, $x' = \dfrac{x - vt}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$ এবং

$t' = \dfrac{t - \dfrac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$ এখন, $v << c$ হলে, $\dfrac{v}{c}$ ও $\left(\dfrac{v}{c}\right)^2$ এর মান শূন্যের কাছাকাছি হয়। এজন্য, $x' = x - vt$ ও $t' = t$ হয়; যা গ্যালিলিও রূপান্তর সমীকরণ এর সাথে সঙ্গতিপূর্ণ।

গ কবির ও আবিরের প্রাথমিক বয়স 30 বছর।

কবিরের ক্ষেত্রে,

$$t = \frac{t_{0_1}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } t_{0_1} = t\sqrt{1 - \frac{{v_1}^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } t_{0_1} = 20 \times \sqrt{1 - \frac{(0.88\ c)^2}{c^2}}$$

$$\therefore t_{0_1} = 9.5 \text{ বছর}$$

এখানে,
পৃথিবীর সাপেক্ষে মহাকাশ ভ্রমণের সময়, $t = 20$ বছর
কবিরের বেগ, $v_1 = 0.88c\ ms^{-1}$
আবিরের বেগ, $v_2 = 0.99c\ ms^{-1}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$
কবিরের সাপেক্ষে মহাকাশ ভ্রমণকাল, $t_{0_1} = ?$
আবিরের সাপেক্ষে মহাকাশ ভ্রমণের সময়, $t_{0_2} = ?$

∴ মহাকাশ ভ্রমণ শেষে কবিরের বয়স, $A_1 = 30 + 9.5$
$= 39.5$ বছর

আবিরের ক্ষেত্রে,

$$t = \frac{t_{0_2}}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} \text{ বা, } t_{0_2} = t\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}} = 20 \times \sqrt{1 - \frac{(0.99c)^2}{c^2}}$$

$$\therefore t_{0_2} = 2.82 \text{ বছর।}$$

∴ মহাকাশ ভ্রমণ শেষে আবিরের বয়স, $A_2 = 30 + 2.82 = 32.82$ বছর।

পৃথিবীতে ফিরে আসার পর তাদের বয়সের ব্যবধান হবে $= A_1 - A_2$
$= 39.5 - 32.82 = 6.68$ বছর। **(Ans.)**

ঘ আমরা পাই,

কবিরের ক্ষেত্রে চলমান ভর,

$$m_1 = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{{v_1}^2}{c^2}}} = \frac{70}{\sqrt{1 - (0.88)^2}} = 147.38\ kg$$

এখানে,
কবিরের নিশ্চল ভর, $m_o = 70\ kg$
বেগ, $v_1 = 0.88\ c$
শূন্যস্থানে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$
চলন্ত অবস্থায় কবিরের ভর, $m_1 = ?$

আবার,

আবিরের ক্ষেত্রে চলমান ভর,

$$m_2 = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{{v_2}^2}{c^2}}} = \frac{70}{\sqrt{1 - (0.99)^2}} = 496.22\ kg$$

এখানে,
আবিরের ভর, $m_o = 70\ kg$
বেগ, $v_2 = 0.99\ c$
শূন্যস্থানে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$
চলন্ত অবস্থায় আবিরের ভর, $m_2 = ?$

∵ $m_2 > m_1$ অতএব, যাত্রাকালে উভয়ের ভর 70 kg হলেও গতিশীল অবস্থায় তাদের ভর সমান হবে না। আবিরের ভর বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ২৮ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৭

0.6 c গতিতে চলমান একটি রকেটে 0.5 kg ভরের এক মিটার লম্বা একটি তামার দণ্ড রাখা আছে। স্থির অবস্থায় তামার ঘনত্ব 8960 kgm^{-3}, c আলোর দ্রুতি।

ক. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া কী? ১

খ. কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষ কাল অসীম— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তামার দণ্ড থেকে প্রাপ্ত শক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রস্থ ও বেধ আপেক্ষিকতার বিবেচনায় না এনে রকেটে তামার ঘনত্বের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যাসহ দেখাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাই হলো আলোর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া।

খ মনে করি, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের নমুনায় আদি বা প্রারম্ভিক পরমাণু সংখ্যা N_o এবং অবক্ষয় ধ্রুবক λ। সুতরাং, t সময়ান্তে অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N = N_o e^{-\lambda t}$

$N = 0$ হতে হলে, $N_o e^{-\lambda t} = 0$ বা, $e^{-\lambda t} = 0$

বা, $\frac{1}{e^{\lambda t}} = 0$ বা, $e^{\lambda t} = \frac{1}{0} = \infty$ বা, $\lambda t = \infty$

$\therefore t = \frac{\infty}{\lambda} = \infty$ সুতরাং, কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষকাল অসীম।

গ আমরা জানি,

গতিশীল অবস্থায় ভর, $m_1 = \frac{m}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{0.5}{\sqrt{1-\left(\frac{0.6c}{c}\right)^2}}$

$= 0.625$ kg

সুতরাং, তামার দণ্ড হতে প্রাপ্ত শক্তি,

$E = m_1c^2$

$= 0.625 \times (3 \times 10^8)^2$

$= 5.625 \times 10^{16}$ J **(Ans.)**

দেওয়া আছে,
বস্তুর বেগ, $v = 0.6$ c
তামার দণ্ডের ভর,
$m = 0.5$ kg
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
সম্পূর্ণ ভর হতে প্রাপ্ত শক্তি, E = ?

ঘ এখানে, রকেটের বেগ, $v = 0.6$ c
তামার দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $L_0 = 1$ m
তামার দণ্ডের ভর, $m_0 = 0.5$ kg
স্থির অবস্থায় তামার ঘনত্ব, $\rho_0 = 8960$ kgm^{-3}

প্রস্থ ও বেধ আপেক্ষিকতার বিবেচনায় না আনলে রকেটে রাখা দণ্ডটির ভর ও দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হবে, ফলে ঘনত্বের পরিবর্তন হবে।

পূর্বের ঘনত্ব, $\rho_0 = \frac{m_0}{v_0} = \frac{m_0}{L_0bc}$ [ধরি, প্রস্থ b, বেধ c]

গতিশীল অবস্থায় তামার দণ্ডের দৈর্ঘ্য L হলে, $L = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

আবার, গতিশীল অবস্থায় তামার দণ্ডের ভর m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$\therefore$ গতিশীল অবস্থায় বস্তুর ঘনত্ব, $\rho = \frac{m}{v}$

$$= \frac{\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c_2}}}}{Lbc} = \frac{\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}}{\left(L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)bc}$$

$$= \frac{\frac{m_0}{v_0}}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} \quad [\because v_0 = L_0bc]$$

$$= \frac{\rho_0}{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{8960}{1-\left(\frac{0.6\,c}{c}\right)^2} = 14000\ kgm^{-3}$$

$\therefore$ রকেট তামার ঘনত্বের পরিবর্তন $= (\rho - \rho_0)$
$= (14000 - 8960)$ kgm^{-3}
$= 5040$ kgm^{-3}

সুতরাং, রকেটে তামার ঘনত্ব 5040 kgm^{-3} বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▸ ২৯ ঢাকা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৪

একটি যুদ্ধবিমানের চলমান দৈর্ঘ্য 180 m এবং চলমান ভর 18000 kg। এটি কোনো স্থির পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে 18×10^7 ms^{-1} বেগে গতিশীল।

ক. তরঙ্গামুখ কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তু আলোর বেগের থেকে বেশি বেগে চলা সম্ভব হলে ভরের কী পরিবর্তন ঘটতো— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. যুদ্ধ বিমানের স্থির দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত যুদ্ধ বিমানের বেগ অর্ধেক করা হলে এর ভর স্থির ভরের দ্বিগুণ হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তাকে ঐ তরঙ্গের তরঙ্গামুখ বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা হতে আমরা জানি যে,

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

এখানে, m_o = স্থির অবস্থায় বস্তুর ভর, m = গতিশীল অবস্থায় বস্তুর ভর, c = আলোর বেগ, v = বস্তুর বেগ

এখানে, $v > c$ হলে m অবাস্তব হয় এবং $v = c$ হলে $m = \infty$ হয়, যা অসম্ভব। তাই স্থির ভরসম্পন্ন কোনো বস্তু আলোর বেগে চলতে পারে না।

গ আমরা জানি,

$L = L_0\sqrt{L-\frac{v^2}{c^2}}$

বা, $L_0 = \frac{L}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $L_0 = \frac{180}{\sqrt{1-\frac{(18 \times 10^7)^2}{(3 \times 10^8)^2}}}$

$\therefore L_0 = 225$ m **(Ans.)**

এখানে,
বিমানের চলমান দৈর্ঘ্য,
$L = 180$m
স্থির পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে বিমানের বেগ,
$v = 18 \times 10^7$ ms^{-1}
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
বিমানের স্থির দৈর্ঘ্য, L_0 = ?

ঘ আমরা জানি,

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{(9 \times 10^7)^2}{(3 \times 10^8)^2}}}$

বা, $m = \frac{m_0}{0.954}$

$\therefore m = 1.048m_0 \neq 2m_0$

এখানে,
বেগ অর্ধেক করায় বিমানের নতুন বেগ,
$v = \frac{18 \times 10^7}{2}$ ms^{-1}
$= 9 \times 10^7$ ms^{-1}
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
বিমানের স্থির ভর = m_0
বিমানের চলমান ভর = m

অতএব, উদ্দীপকে উল্লিখিত যুদ্ধ বিমানের বেগ অর্ধেক করা হলে এর ভর স্থির ভরের দ্বিগুণ হবে না বরং তা 1.048 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩০ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ I প্রশ্ন নং ৬

একজন মহাশূন্যচারী একটি কাল্পনিক গ্রহের ঘনত্ব পর্যবেক্ষণের জন্য মহাশূন্যযানে চড়ে গ্রহটির ব্যাস বরাবর $1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে যাচ্ছেন। গ্রহটির স্থির ভর 7.4×10^{28} kg এবং ব্যাস 14200 km।

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১

খ. গতিশীল বস্তুর দৈর্ঘ্য কি কখনো শূন্য হতে পারে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহটির ভর কত হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহটির ঘনত্বের পরিবর্তন কীরূপ হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তা-ই ভরের আপেক্ষিকতা।

খ আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্বানুসারে, গতিশীল বস্তুর দৈর্ঘ্য তার স্থির অবস্থার দৈর্ঘ্যের তুলনায় ছোট হয়। দৈর্ঘ্য সংকোচনের সমীকরণটি হলো,

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

বস্তুটি আলোর সমান বেগে চললে তথা v = c হলে,

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}$$

বা, $L = L_0\sqrt{1 - 1}$

$\therefore L = 0$

এখানে,
L = পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায়, বস্তুর দৈর্ঘ্য
L_0 = পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে স্থির অবস্থায় বস্তুর দৈর্ঘ্য
v = বস্তুর বেগ
c = আলোর বেগ

অর্থাৎ, কোনো বস্তুকে আলোর বেগে গতিশীল করা হলে, গতিশীল অবস্থায় তার দৈর্ঘ্য শূন্য হবে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কোনো বস্তুকে আলোর বেগে গতিশীল করা সম্ভব না বলে গতিশীল বস্তুর দৈর্ঘ্য কখনো শূন্য হয় না।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 9.25×10^{28} kg।

ঘ স্থির অবস্থায় গ্রহের আয়তন,

$$V_0 = \frac{4}{3}\pi R_0^3$$

বা, $V_0 = \frac{4}{3}\pi \times (71 \times 10^5)^3$

$\therefore V_0 = 1.5 \times 10^{21} \text{ m}^3$

স্থির অবস্থায় মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহের ঘনত্ব,

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

বা, $\rho_0 = \frac{7.4 \times 10^{28}}{1.5 \times 10^{21}}$

$\therefore \rho_0 = 49.33 \times 10^6 \text{ kgm}^{-3}$

এখানে,
স্থির অবস্থায় মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহের ভর, $m_0 = 7.4 \times 10^{28}$ kg
স্থির অবস্থায় মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহের ব্যাসার্ধ, $R_0 = \frac{14200}{2}$ km
$= \frac{14200 \times 10^3}{2} \text{ m} = 71 \times 10^5 \text{ m}$
স্থির অবস্থায় মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহের ঘনত্ব, ρ_0 = ?

গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহটির ব্যাসার্ধ,

$$R = R_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

বা, $R = 71 \times 10^5\sqrt{1 - \frac{(1.8 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}$

$\therefore R = 5.68 \times 10^6 \text{ m}$

এখানে,
মহাশূন্যযানের বেগ,
$v = 1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহটির ব্যাসার্ধ, R = ?

মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহটির ব্যাসার্ধের পরিবর্তনের ফলে এর আয়তন পরিবর্তিত হবে। যেহেতু এর ব্যাসার্ধ শুধুমাত্র গতির দিকে পরিবর্তিত হয়। সেহেতু, গ্রহটির পরিবর্তিত আয়তন, $V = \frac{4}{3}\pi R_0^2 \times R$

'গ' নং হতে পাই গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহটির ভর, $m = 9.25 \times 10^{28}$ kg।

$\therefore$ মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহটির ঘনত্ব, $\rho = \frac{m}{V}$

বা, $\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R_0^2 \times R} = \frac{9.25 \times 10^{28}}{\frac{4}{3}\pi(71 \times 10^5)^2 \times 5.68 \times 10^6}$

$\therefore \rho = 77.1 \times 10^6 \text{ kgm}^{-3} > \rho_0$

অতএব, মহাশূন্যচারীর নিকট গ্রহটির ঘনত্ব স্থির অবস্থার ঘনত্বের তুলনায় $(77.1 \times 10^6 - 49.33 \times 10^6) = 27.77 \times 10^6 \text{ kg m}^{-3}$ বেশি মনে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ I প্রশ্ন নং ৭

গবেষণা কেন্দ্রের তিনজন গবেষকের বয়স যথাক্রমে 30 বছর, 40 বছর এবং 42 বছর। দ্বিতীয় গবেষক $2.4 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে এবং তৃতীয় গবেষক $1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে মহাশূন্যযানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেলেন এবং গবেষণা শেষে পৃথিবীর পঞ্জিকামতে 30 বছর পর পৃথিবীতে ফিরে এলেন। মহাশূন্যযানের দৈর্ঘ্য 100 m। (সংশোধিত)

ক. আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের প্রথম স্বীকার্যটি লিখ। ১

খ. লরেঞ্জ রূপান্তর ও গ্যালিলিও রূপান্তর একই রকম হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম গবেষকের সাপেক্ষে দ্বিতীয় গবেষকের মহাশূন্যযানের গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. দ্বিতীয় ও তৃতীয় গবেষক পৃথিবীতে ফিরে আসার পর গবেষক তিনজনের মধ্যে কার বয়স বেশি হবে? গাণিতিক মতামত দাও। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের প্রথম স্বীকার্যটি হলো— সকল জড় প্রসজ্ঞা কাঠামোতে পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলো একই গাণিতিক রূপে থাকে।

খ আমরা জানি, প্রসজ্ঞা কাঠামোর সাপেক্ষে কোনো বস্তু v গতিবেগে চলতে থাকলে বস্তুটির আপাত দৈর্ঘ্য হবে, $L = L_o\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ....(i)

[লরেঞ্জ রূপান্তর হতে পাই]

এখানে, L_o হলো বস্তুটির নিশ্চল দৈর্ঘ্য।

কিন্তু গ্যালিলিও রূপান্তর অনুসারে $L = L_o$ হওয়ার কথা। শূন্যস্থানে আলোর বেগের (c) তুলনায় বস্তুর গতিবেগ (v) অনেক কম মানের হলে অর্থাৎ, $\frac{v}{c} \approx 0$ হলে (i) নং সমীকরণ হতে পাই, $L = L_o\sqrt{1 - 0^2} = L_o$; সুতরাং পর্যবেক্ষক ও পর্যবেক্ষণের মধ্যকার আপেক্ষিক বেগ শূন্যস্থানে আলোর বেগের তুলনায় অনেক কম হলে লরেঞ্জ রূপান্তর গ্যালিলীয় রূপান্তরের রূপ নেয় অর্থাৎ, তখন লরেঞ্জ রূপান্তর ও গ্যালিলিও রূপান্তর একইরকম হয়।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 60 m।

ঘ ১ম গবেষকের প্রাথমিক বয়স 30 বছর।

$\therefore$ পৃথিবীর সাপেক্ষে 30 বছর পর প্রথম গবেষকের বয়স, $A_1 = 30 + 30$ = 60 বছর।

২য় গবেষকের ক্ষেত্রে,

$$t = \frac{t_{0_2}}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}}$$

বা, $t_{0_2} = t\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}$

বা, $t_{0_2} = 30 \times \sqrt{1 - \frac{(2.4 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}$

$\therefore t_{0_2}$ = 18 বছর

এখানে,
পৃথিবীর সাপেক্ষে মহাকাশ ভ্রমণের সময়, t = 30 বছর
দ্বিতীয় গবেষকের বেগ,
$v_2 = 2.4 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
তৃতীয় গবেষকের বেগ,
$v_3 = 1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
২য় গবেষকের সাপেক্ষে মহাকাশ ভ্রমণকাল, t_{0_2} = ?
৩য় গবেষকের সাপেক্ষে মহাকাশ ভ্রমণের সময়, t_{0_3} = ?

∴ মহাকাশ ভ্রমণ শেষে ২য় গবেষকের বয়স, $A_2 = 40 + 18$
$= 58$ বছর

৩য় গবেষকের ক্ষেত্রে,

$$t = \frac{t_{03}}{\sqrt{1 - \frac{v_3^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } t_{0_3} = t\sqrt{1 - \frac{v_3^2}{c^2}} = t\sqrt{1 - \frac{v_3^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } t_{0_3} = 30 \times \sqrt{1 - \frac{(1.8 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}$$

∴ $t_{0_3} = 24$ বছর।

∴ মহাকাশ ভ্রমণ শেষে ৩য় গবেষকের বয়স, $A_3 = 42 + 24 = 66$ বছর।
যেহেতু, $A_2 < A_1 < A_3$ সেহেতু, দ্বিতীয় ও তৃতীয় গবেষক পৃথিবীতে ফিরে আসার পর গবেষক তিনজনের মধ্যে তৃতীয় গবেষকের বয়স বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩২ রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৫

30 বছর বয়সী একজন নভোচারী একটি রকেটে চড়ে নতুন গ্রহের অনুসন্ধানে গেল। রকেটটিকে এমন বেগে চালানো হলো যেন তার গতিশীল দৈর্ঘ্য নিশ্চল অবস্থার দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হয়। অনুসন্ধান শেষে উক্ত নভোচারী রকেটে ক্যালেন্ডার অনুযায়ী 30 বছর পর ফিরে আসল।

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১

খ. "গ্যালিলিও রূপান্তর বিধি আইনস্টাইনের দ্বিতীয় স্বীকার্যকে সমর্থন করে না।"—ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রকেটটি কত বেগে চলছিল? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে পৃথিবীতে ফিরে আসার পর পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুসারে উক্ত নভোচারীর বয়স একই থাকবে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মন্তব্য করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কাঠামোতে স্থির পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ কাঠামোতে সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান অপেক্ষা ঐ কাঠামোর সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল কোনো পর্যবেক্ষকের নিকট ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান বেশি হয়। ইহাই কাল দীর্ঘায়ন বা সময় প্রসারণ।

খ আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের দ্বিতীয় স্বীকার্য অনুসারে আলোর দ্রুতি c, স্থির এবং গতিশীল উভয় কাঠামোতে একই হবে। কিন্তু গ্যালিলিও রূপান্তর থেকে আমরা পাই যে, আলোর দ্রুতি পর্যবেক্ষকের দ্রুতির উপর নির্ভরশীল। এটি দ্বিতীয় স্বীকার্যের লঙ্ঘন। অতএব বলা যায়, গ্যালিলিও রূপান্তর বিধি আইনস্টাইনের দ্বিতীয় স্বীকার্যকে সমর্থন করে না।

গ আমরা জানি,

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } \frac{L_0}{2} = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{4} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\text{বা, } v^2 = \frac{3}{4}c^2$$

$$\text{বা, } v = \frac{\sqrt{3}}{2}c = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3 \times 10^8$$

∴ $v = 2.598 \times 10^8$ ms^{-1} **(Ans.)**

এখানে,
রকেটের নিশ্চল অবস্থার দৈর্ঘ্য = L_0
রকেটের গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য = $L = \frac{L_0}{2}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
রকেটের বেগ, $v = ?$

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: ভ্রমণ শুরু করায় ভ্রমণ শেষে পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী নভোচারীর বয়স 90 বছর এবং নভোচারীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী বয়স 60 বছর। অর্থাৎ উক্ত নভোচারীর বয়স একই থাকবে না।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮

একটি ফুটবল খেলার মাঠের দৈর্ঘ্য 400 m এবং প্রস্থ 200 m। একজন নভোচারী 0.86 c বেগে 1000 kg ভরের একটি নভোযানে চড়ে মাঠটির দৈর্ঘ্য বরাবর অতিক্রম করল।

ক. গ্যালিলীয় রূপান্তর কাকে বলে? ১

খ. জড় কাঠামো ও অজড় কাঠামো দুটির মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করো। ২

গ. নভোযানটির আপাত ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. "নভোচারী কর্তৃক নির্ণয়কৃত মাঠটির ক্ষেত্রফল প্রকৃত ক্ষেত্রফলের সমান নয়।" গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল দুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর স্থানাঙ্ক ও সময়ের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনকারী চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের সমীকরণসমূহকে গ্যালিলিও রূপান্তর বলা হয়।

খ জড় কাঠামো ও অজল কাঠামোর মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ—

জড় কাঠামো	অজড় কাঠামো
জড় কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্রগুলো প্রয়োগ করা যায়।	অজড় কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্রগুলো প্রয়োগ করা যায় না।
জড় কাঠামোর ত্বরণ থাকে না।	অজড় কাঠামোর ত্বরণ থাকে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1959.65 kg।

ঘ আমরা জানি,
খেলার মাঠের প্রকৃত ক্ষেত্রফল,
$A_0 = L_0 \times W_0$
বা, $A_0 = 400 \times 200$
∴ $A_0 = 80000$ m^2
নভোযানটি মাঠের দৈর্ঘ্য বরাবর চলায় নভোচারীর সাপেক্ষে শুধু মাঠের দৈর্ঘ্য পরিবর্তিত হবে, নভোচারীর সাপেক্ষে মাঠের প্রস্থ, স্থির অবস্থায় প্রস্থের সমান হবে।

এখানে,
নভোযানের বেগ, $v = 0.86$ c
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
খেলার মাঠের স্থির দৈর্ঘ্য,
$L_0 = 400$ m
খেলার মাঠের স্থির প্রস্থ,
$W_0 = 200$m
খেলার মাঠের প্রকৃত ক্ষেত্রফল,
$A_0 = ?$
নভোচারী কর্তৃক নির্ণয়কৃত মাঠের ক্ষেত্রফল, $A = ?$

∴ নভোচারীর সাপেক্ষে মাঠের দৈর্ঘ্য

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 400\sqrt{1 - \frac{(0.86c)^2}{c^2}}$$

বা, $L = 400\sqrt{1 - (0.86)^2}$
∴ $L = 204.12$ m
∴ নভোচারী কর্তৃক নির্ণয়কৃত মাঠের ক্ষেত্রফল,
$A = LW_0$
বা, $A = 204.12 \times 200$
∴ $A = 40823.5$ m$^2 \neq A_0$
অতএব, নভোচারী কর্তৃক নির্ণয়কৃত মাঠটির ক্ষেত্রফল প্রকৃত ক্ষেত্রফলের সমান নয়।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৫

বেলি একটি আয়তকার ঘনবস্তুর দৈর্ঘ্য 50 cm, প্রস্থ 25 cm, উচ্চতা 25 cm এবং ভর 100 gm পরিমাপ করেন। অন্যদিকে বস্তুটির দৈর্ঘ্য বরাবর গতিশীল কাঠামো হতে শেলির নিকট বস্তুটিকে ঘনকাকৃতির মনে হয়।

ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১

খ. স্থির ভরসম্পন্ন কোন বস্তুকণা আলোর বেগের সমান বেগে গতিশীল হতে পারে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গতিশীল কাঠামোর দ্যুতি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বেলি ও শেলির নিকট বস্তুটির ঘনত্ব একই হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায়, তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা হতে আমরা জানি যে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

এখানে, m_0 = স্থির অবস্থায় বস্তুর ভর, m = গতিশীল অবস্থায় বস্তুর ভর, c = আলোর বেগ, v = বস্তুর বেগ

এখানে, $v > c$ হলে m অবাস্তব হয় এবং $v = c$ হলে $m = \infty$ হয়, যা অসম্ভব।

তাই স্থির ভর সম্পন্ন কোনো বস্তু আলোর বেগে চলতে পারে না।

গ ৩২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $2.598 \times 10^8\ ms^{-1}$।

ঘ বেলির নিকট বস্তুর আয়তন,

$V_0 = L_0 \times W_0 \times H_0$

বা, $V_0 = 0.5 \times 0.25 \times 0.25$

$\therefore V_0 = 31.25 \times 10^{-3}\ m^3$

এখানে,

বেলির নিকট,

বস্তুর দৈর্ঘ্য, $L_0 = 50\ cm\ \ 0.5\ m$

বস্তুর প্রস্থ, $W_0 = 25\ cm = 0.25\ m$

বস্তুর উচ্চতা, $H_0 = 25\ cm = 0.25\ m$

বস্তুর ভর,

$m_0 = 100\ gm = \frac{100}{1000}\ kg = 0.1\ kg$

বস্তুর ঘনত্ব, $\rho_0 = ?$

$\therefore$ বেলির নিকট বস্তুর ঘনত্ব,

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} = \frac{0.1}{31.25 \times 10^{-3}}$$

$\therefore \rho_0 = 3.2\ kg\ m^{-3}$

আবার, শেলির নিকট বস্তুর আয়তন, $V = a^3$

বা, $V = (0.25)^3$

$\therefore V = 15.625 \times 10^{-3}\ m^3$

এখানে,

শেলির নিকট,

ঘনকের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য,

$a = 25\ cm = 0.25\ m$

'গ' হতে প্রাপ্ত শেলির কাঠামোর বেগ,

$v = 2.598 \times 10^8\ ms^{-1}$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

শেলির নিকট ঘনকের ভর, $m = ?$

শেলির নিকট ঘনকের ঘনত্ব, $\rho = ?$

শেলির নিকট ঘনকের ভর,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } m = \frac{0.1}{\sqrt{1-\frac{(2.598 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}}}$$

$\therefore m = 0.2\ kg$

$\because$ শেলির নিকট বস্তুটির ঘনত্ব,

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.2}{15.625 \times 10^{-3}}$$

$\therefore \rho = 12.8\ kg\ ms^{-3} > \rho_0$

অতএব, বেলি ও শেলির নিকট বস্তুটির ঘনত্ব একই হবে না বরং শেলির নিকট বস্তুটির ঘনত্ব বেশি হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩৫ সিলেট বোর্ড ২০২১ ❚ প্রশ্ন নং ৬

একজন মহাশূন্যচারী 25 বছর বয়সে $2.4 \times 10^8\ ms^{-1}$ বেগে গতিশীল একটি মহাশূন্যযানে চড়ে মহাকাশ ভ্রমণে গিয়ে ফিরে এলেন। পৃথিবীর মানুষ তাকে দেখতে পেলেন 75 বছর বয়সের একজন বৃদ্ধ হিসেবে।

ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলতে কী বোঝ? ১

খ. গ্যালিলিওর রূপান্তর ব্যাখ্যা করো। ২

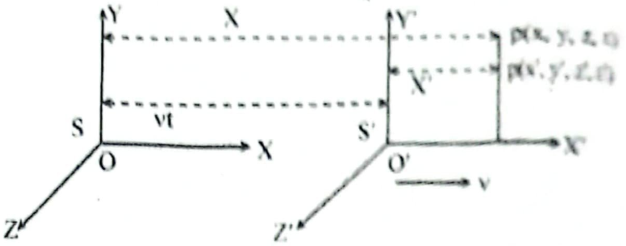
গ. মহাশূন্যচারীর বয়স নির্ণয় করো। ৩

ঘ. মহাশূন্যচারী তার 50 তম জন্মদিন পৃথিবীতে করতে চাইলে তাকে কতবেগে গতিশীল হতে হবে? ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলতে বোঝায় পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায় সেসব প্রসঙ্গ কাঠামোই জড় প্রসঙ্গ কাঠামো।

খ চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞানের যে সকল সমীকরণ পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল দুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর সময় ও স্থানাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে তাদের গ্যালিলিওর রূপান্তর বলে।



চিত্রে, S ও S′ দুটি প্রসঙ্গ কাঠামো। S′-কাঠামোটি S এর সাপেক্ষে x অক্ষ বরাবর v বেগে গতিশীল। p বিন্দুতে একটি ঘটনা সংঘটিত হলে, S-কাঠামোতে অবস্থানরত একজন পর্যবেক্ষক O এর সাপেক্ষে t সময়ে সংঘটিত ঘটনার স্থানাঙ্ক (x, y, z)।

আবার, s′ কাঠামোতে অবস্থানরত অন্য একজন পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে একই ঘটনা t′ সময়ে ঘটে এবং স্থানাঙ্ক (x′, y′, z′) x, y, z, t এবং x′, y′, z′, t′ এর মধ্যে সম্পর্ক হলো:

$x' = x - vt$ ……… (1) $y' = y$ ……… (2) $z' = z$ ……… (3)

এবং $t' = t$ ……… (4)

(1) হতে (4) নং সমীকরণগুলোই গ্যালিলিওর রূপান্তর হিসেবে পরিচিত।

গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 55 বছর।

ঘ আমরা জানি,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

এখানে,

আলোর বেগে, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

পৃথিবীর সাপেক্ষে মহাশূন্যচারীর ভ্রমণকাল, $t = 75 - 25 = 50$ বছর

50 তম জন্মদিন পৃথিবীতে করতে চাইলে, মহাশূন্যচারীর নিজের সাপেক্ষে ভ্রমণকাল, $t_0 = 50 - 25 = 25$ বছর

মহাশূন্যচারীর বেগ, $v = ?$

$$\text{বা, } \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{t_0}{t}$$

$$\text{বা, } \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{25}{50}$$

$$\text{বা, } 1-\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 1-\frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\text{বা, } \frac{v}{c} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{বা, } v = \frac{\sqrt{3}}{2}c = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3 \times 10^8$$

$\therefore v = 2.6 \times 10^8\ ms^{-1}$

অতএব, মহাশূন্যচারী তার 50 তম জন্মদিন পৃথিবীতে করতে চাইলে তাকে $2.6 \times 10^8\ ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হতে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৩৬ ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৫

ইলেকট্রনের সাথে সংঘর্ষের ফলে 4400 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আপতিত ফোটন 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়ে একটি ধাতব পৃষ্ঠকে আঘাত করে। ধাতব পৃষ্ঠের কার্যাপেক্ষক 2.5 eV।

($h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

ক. ফটোইলেকট্রন কাকে বলে? ১

খ. বেগুনি আলোর শক্তি লাল আলোর চেয়ে বেশি কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আপতিত ফোটনের শক্তি কত? ৩

ঘ. ফটোইলেকট্রন ও বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের মধ্যে কোনটির গতিশক্তি বেশি হবে— যাচাই কর। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোক রশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার ফলে তা থেকে নিঃসৃত ইলেকট্রনকে ফটোইলেকট্রন বলে।

কোনো আলোর শক্তি নির্ভর করে আলোক তরঙ্গদৈর্ঘ্য বা াঙ্কের উপর। বস্তুত আলোর শক্তি এর কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক। নঃ প্লাঙ্কের সূত্র হতে আমরা পাই,

$$E = h\nu$$

খানে, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js এবং ν হচ্ছে আলোকের কম্পাঙ্ক]

$E = \frac{hc}{\lambda}$; যেখানে, λ হচ্ছে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য।

গুনি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য লাল আলোর চেয়ে কম (অন্য কথায় বেগুনি লোর কম্পাঙ্ক লাল আলো অপেক্ষা বেশি)। তাই বেগুনি আলোর ক্তি লাল আলোর চেয়ে বেশি।

আমরা জানি,

টনের শক্তি,

$$= \frac{hc}{\lambda}$$
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4400 \times 10^{-10}}$$
$$= 4.52 \times 10^{-19}\ \text{J}$$
$$= \frac{4.52 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}\ \text{eV}$$
$$= 2.83\ \text{eV}$$ **(Ans.)**

এখানে,

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4400\ \text{Å}$
$= 4400 \times 10^{-10}$ m

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

শূন্যস্থানে আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^{8}\ \text{ms}^{-1}$

$1\ \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ J

এখানে,

পতিত রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4400\ \text{Å}$
$= 4400 \times 10^{-10}$ m

থর ইলেকট্রনের ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

ন্যস্থানে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^{8}\text{ms}^{-1}$

াঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

পতিত ফোটনের বিক্ষেপণ কোণ, $\theta = 60°$

ক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos\theta)$$
$$= 4400 \times 10^{-10} + \frac{6.63 \times 10^{-34}(1 - \cos 60°)}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}}$$
$$= 4.400012 \times 10^{-7}\text{m}$$

ক্ষেত্রে,

$$E' = \frac{hc}{\lambda'} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4.400012 \times 10^{-7}} = 4.5204 \times 10^{-19}\ \text{J}$$
$$= 2.8253\ \text{eV}\ [\because 1\ \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}]$$

∴ বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি $= (2.83 - 2.8253)$ eV
$= 4.7 \times 10^{-3}$ eV

ম্পটন ক্রিয়ায় বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি, $E = 2.8253$ eV

তব পৃষ্ঠের কার্যাপেক্ষক, $\varphi = 2.5$ eV

মরা জানি, ফটোইলেকট্রনের গতিশক্তি KE হলে,

$$E = KE + \varphi$$
$$\text{া}; KE = E - \varphi$$
$$= 2.8253 - 2.5$$
$$= 0.3253\ \text{eV} > 4.7 \times 10^{-3}\ \text{eV}$$

র্থাৎ, ফটোইলেকট্রন ও বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের মধ্যে ফটোইলেকট্রনের তিশক্তি বেশি।

শ্ন ▶৩৭ **কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৬**

কটি তড়িৎ ক্ষরণ নলে X-ray উৎপাদন এর জন্য 12.4kV এবং রেকবার 24.8kV বিভব পার্থক্য সরবরাহ করা হলো। এই যন্ত্রে লেকট্রনের গতিশক্তির 0.3% X-ray উৎপাদন করে।

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী? ১

খ. P টাইপ অর্ধ-পরিবাহীর আধান বাহক হোল– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উৎপাদিত দুই ধরনের X-ray এর ক্ষেত্রে কোনটির ভেদনযোগ্যতা বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পদার্থে সর্বনিম্ন যে কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে এর পৃষ্ঠ থেকে ফটো ইলেকট্রন মুক্ত হয় তাকে ঐ ধাতব পদার্থের সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী তৈরি করা হয় বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহী কেলাসের মধ্যে, বহিঃস্থ কক্ষপথে তিনটি ইলেকট্রন আছে এমন পরমাণু, অতি সামান্য পরিমাণ ভেজাল দিয়ে। এতে ভেজাল পরমাণু তার চারপার্শ্বস্থ চারটি মূল পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করতে একটি ইলেকট্রনের ঘাটতি হয়। ফলে ভেজাল পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষপথে ইলেকট্রনের সংখ্যা হয় সাত, অর্থাৎ যোজন ব্যান্ডে একটি হোল সৃষ্টি হয়। p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীতে বিভব প্রয়োগ করা হলে হোল তার পার্শ্ববর্তী পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে ফলে পার্শ্ববর্তী পরমাণুতে হোল সৃষ্টি হয়। এভাবে হোল পরমাণু থেকে পরমাণুতে সঞ্চালিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। তাই বলা যায় p টাইপ অর্ধ-পরিবাহীর আধান বাহক হোল।

গ দেয়া আছে,

প্রদত্ত বিভব, $V = 12.4\text{kV} = 12.4 \times 10^{3}\text{V}$

ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.60 \times 10^{-19}\text{C}$

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$

সর্বোচ্চ বেগ, $v_m = ?$

জানা আছে,

$$K_{max} = eV$$
$$\text{বা, } \frac{1}{2}mv_m^2 = eV$$
$$\text{বা, } v_m^2 = \frac{2eV}{m}$$
$$\text{বা, } v_m = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.60 \times 10^{-19} \times 12.4 \times 10^{3}}{9.1 \times 10^{-31}}}$$
$$\therefore v_m = 6.6 \times 10^{7}\ \text{ms}^{-1}$$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক অনুযায়ী ১ম ক্ষেত্রে প্রদত্ত বিভব,

$$V_1 = 12.4\text{kV}$$
$$= 12.4 \times 10^{3}\text{V}$$

২য় ক্ষেত্রে প্রদত্ত বিভব, $V_2 = 24.8\text{kV}$
$= 24.8 \times 10^{3}\text{V}$

মনে করি, ১ম ক্ষেত্রে উৎপন্ন এক্সরের কম্পাঙ্ক f_1 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে f_2

আবার, ইলেকট্রনের গতিশক্তির 0.3% X-ray উৎপন্ন করে।

$$\therefore \frac{0.3}{100} \times eV_1 = hf_1$$
$$\therefore f_1 = \frac{0.3 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 12.4 \times 10^{3}}{6.63 \times 10^{-34}}$$
$$= 8.98 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

অনুরূপভাবে, $f_2 = \frac{0.3 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 24.8 \times 10^{3}}{6.63 \times 10^{-34}}$
$= 1.795 \times 10^{16}\text{Hz}$

যেহেতু, $f_2 > f_1$; $\therefore \lambda_1 > \lambda_2$

অতএব, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন এক্সরের ভেদন ক্ষমতা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶৩৮ **দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৪**

4000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো Na পৃষ্ঠে আপতিত হলে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয়। ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি পাওয়া যায় 0.4 eV।

ক. ভর-ত্রুটি কী? ১

খ. দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 10V বলতে কী বুঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের নির্গত ইলেকট্রন থামাতে হলে Na পাতে কত মানের নিবৃত্তি বিভব প্রয়োগ করতে হবে? ৩

ঘ. যুক্তি দিয়ে বুঝিয়ে দাও যে, একটি নির্দিষ্ট মানের চেয়ে কম মানের কম্পাংকের আলো Na পাতে পড়লে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হবে না। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াসের ভর, নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত নিউক্লিয়নগুলোর মুক্তাবস্থার ভরের সমষ্টির চেয়ে কিছু কম থাকে। ভরের এ পার্থক্যকে ভর-ত্রুটি বলে।

খ একটি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে স্থানান্তর করতে সম্পন্ন কাজের পরিমাণকে ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য বলে। দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 10V বলতে বুঝায়, বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে 1C চার্জ স্থানান্তরে 10J কাজ সম্পন্ন হয়।

গ দেওয়া আছে,

ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = 0.4eV$

ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}C$

বের করতে হবে, নিবৃত্তি বিভব, $V_S = ?$

আমরা জানি, $eV_S = K_{max}$

$$\therefore V_S = \frac{K_{max}}{e} = \frac{0.4 \times 1.6 \times 10^{-19}J}{1.6 \times 10^{-19}C} = 0.4 \text{ Volt } \textbf{(Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে, আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000Å$
$= 4 \times 10^{-7}m$

সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = 0.4eV$
$= 6.4 \times 10^{-20}J$

সূচন কম্পাংক f_0 হলে কার্যাপেক্ষক

$$\phi_0 + K_{max} = \frac{\lambda c}{\lambda}$$

$$\text{বা, } hf_0 = \frac{\lambda c}{\lambda} - K_{max}$$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{c}{\lambda} - \frac{K_{max}}{h}$$

$$= \left[\frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}} - \frac{6.4 \times 10^{-20}}{6.63 \times 10^{-34}}\right] Hz$$

$$\therefore f_0 = 6.535 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

f_0 এর চেয়ে ক্ষুদ্রতর কম্পাংকের তরঙ্গের জন্য শক্তি, $E = hf < hf_0$

বা, $E < \phi_0$, অর্থাৎ সেক্ষেত্রে ধাতব বন্ধন পৃথক করা সম্ভব নয়।

তাই, 6.535×10^{14} Hz এর চেয়ে কম কম্পাংকের আলো Na পাতে পড়লে কোন ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৩৯ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল ▌প্রশ্ন নং ৬

v বেগে গতিশীল একটি মহাশূন্যযানে 100 kg ভরের একটি বস্তু আছে। এটি গতিশীল হলে মহাশূন্যযানের দৈর্ঘ্য এর স্থির দৈর্ঘ্যের 50% হয়।

ক. কার্যাপেক্ষক কী? ১
খ. আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের স্বীকার্য ব্যাখ্যা কর। ২
গ. মহাশূন্যযানের বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. মহাশূন্যযান স্থির থাকলে বস্তুর ভর কত হবে নির্ণয় করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখণ্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাই হলো ঐ ধাতুখণ্ডের কার্যাপেক্ষক।

খ আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের স্বীকার্য হলো দুটি। নিচে তা ব্যাখ্যা করা হলো—

১. পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে ধাবমান সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে অর্থাৎ জড় প্রসঙ্গ কাঠামোগুলোতে পদার্থবিজ্ঞানের যেকোনো সূত্র একই রকম সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।
২. শূন্যস্থানে বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধ্রুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

গ আমরা জানি,

$$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } 0.5\, L_0 = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{v^2}{c^2} = 0.25$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 0.75$$

এখানে,
ধরি, মহাশূন্যযানের স্থির দৈর্ঘ্য L_0
গতিশীল দৈর্ঘ্য,
$L = L_0$ এর 50% $= L_0 \times 0.5$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$
মহাশূন্যযানের বেগ, $v = ?$

$$\therefore v = \sqrt{0.75} \times c = \sqrt{0.75} \times 3 \times 10^8$$
$$= 2.598 \times 10^8 ms^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, মহাশূন্যযানের বেগ, $v = 2.598 \times 10^8 ms^{-1}$

স্থির অবস্থায় বস্তুটির ভর m_0 হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } m_0 = m\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

এখানে,
গতিশীল অবস্থায় বস্তুটির ভর,
$m = 100$ kg
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

$$= 100 \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.598 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)} = 50 \text{ kg}$$

সুতরাং মহাশূন্যযান স্থির থাকলে বস্তুর ভর হবে 50 kg।

প্রশ্ন ▸ ৪০ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ২

পদার্থবিদ জনাব হোজাইফা 1m দৈর্ঘ্যের একটি ধাতব বস্তুর ঘনত্ব 19.3×10^3 kgm^{-3} নির্ণয় করলেন। অন্যদিকে আরেকজন পদার্থবিদ জনাব হোরাইরা 0.9c বেগে গতিশীল একটি কাঠামো থেকে বস্তুটির ঘনত্ব নির্ণয় করলেন।

ক. হারানো বিভবের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. স্থির পর্যবেক্ষকের চেয়ে গতিশীল পর্যবেক্ষকের কাছে কোনো ঘটনার সময়ের পার্থক্য বেশি কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. গতিশীল প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে ধাতুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. জনাব হোজাইফা ও জনাব হোরাইরা কি ধাতুটির একই ঘনত্ব পেয়েছিল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোষের ভিতর তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে তড়িচ্চালক শক্তির কিছু অংশ কোষের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করতে যে বিভব ব্যয় হয় তাকে হারানো বিভব বলে।

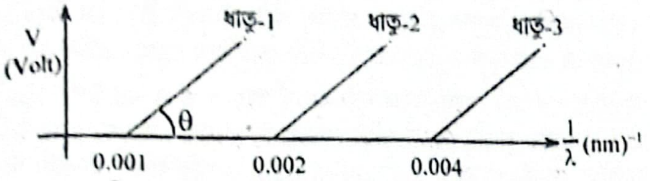
খ স্থির পর্যবেক্ষকের চেয়ে গতিশীল পর্যবেক্ষকের কাছে কোনো ঘটনার সময়ের পার্থক্য বেশি হওয়ার কারণ হলো কালদীর্ঘায়ন, যা আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব সময়ের আপেক্ষিকতার ফলাফল। লরেন্টজ রূপান্তর অনুযায়ী স্থির কাঠামোতে সময় ব্যবধান t_0 ও গতিশীল কাঠামোতে সময় ব্যবধান t হলে, $t \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$। এখানে $C > V$ হওয়ায় $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ এর মান সর্বদা 1 এর চেয়ে ছোট, তাই $t > t_0$। গতিশীল পর্যবেক্ষকের কাছে সময় ব্যবধানের শুরু ও শেষ দুটি ভিন্ন স্থানে ঘটে বলে সময় ব্যবধান বা পার্থক্য প্রকৃত সময়ের চেয়ে বেশি হয়।

গ ৪ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 0.4359 m।

ঘ ২৮ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** জনাব হোজাইফার নিকট পরিমাপকৃত ঘনত্ব $\rho = 19.3 \times 10^3$ kgm^{-3} এবং জনাব হোরাইরার নিকট পরিমাপকৃত ঘনত্ব $\rho' = 10.16 \times 10^4$ kgm^{-3}। অর্থাৎ একই ঘনত্ব পায়নি।

প্রশ্ন ▸ ৪১ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৩

তিনটি আলোক সংবেদনশীল ধাতুর $\frac{1}{\lambda}$ বনাম V (নিবৃত্তি বিভব) এর লেখচিত্র নিচে দেখানো হলো।



ক. তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু কী? ১

খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়ায় ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি আপতিত আলোর তীব্রতার উপর নির্ভর করে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ধাতু তিনটির কার্যাপেক্ষকের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন ধাতু থেকে বেগুনি বর্ণের আলো [400 nm] ফটো ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়ই হলো ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু।

খ আইনস্টাইনের ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার সমীকরণ অনুযায়ী, নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = hf - \phi$। এ থেকে বোঝা যায়, ইলেকট্রনের গতিশক্তি আপতিত আলোর কম্পাঙ্কের (f) উপর নির্ভর করে, আলোর তীব্রতার উপর নির্ভর করে না। কারণ তীব্রতা বাড়লে আপতিত ফোটনের সংখ্যা বাড়ে কিন্তু, ফোটনের শক্তি একই থাকে। আপতিত ফোটনের সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে নির্গত ইলেকট্রনের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, কিন্তু তাদের সর্বোচ্চ গতিশক্তি একই থাকে।

গ আমরা জানি, আইনস্টাইনের ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার সমীকরণ অনুসারে,

$$\frac{hc}{\lambda} = K_{max} + \phi$$

বা, $\frac{hc}{\lambda} = eV_s + \phi$

[∵ V_s = নিবৃত্তি বিভব]

বা, $eV_s = \frac{hc}{\lambda} - \phi$

এখানে,
সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
১ম ধাতুর ক্ষেত্রে, $\frac{1}{\lambda_1} = 0.001$
২য় ধাতুর ক্ষেত্রে, $\frac{1}{\lambda_2} = 0.002$
৩য় ধাতুর ক্ষেত্রে, $\frac{1}{\lambda_3} = 0.004$

নিবৃত্তি বিভব, $V_s = 0$ V হলে, $\phi = \frac{hc}{\lambda}$ যা কার্যাপেক্ষক নির্দেশ করে।

এর জন্য তরঙ্গদৈর্ঘ্য হলো সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_0।

১ম ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi_1 = \frac{hc}{\lambda_1}$; ২য় ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi_2 = \frac{hc}{\lambda_2}$,

৩য় ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi_3 = \frac{hc}{\lambda_3}$

সুতরাং এদের অনুপাত—

$$\phi_1 : \phi_2 : \phi_3 = \frac{hc}{\lambda_1} : \frac{hc}{\lambda_2} : \frac{hc}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_1} : \frac{1}{\lambda_2} : \frac{1}{\lambda_3} = 0.001 : 0.002 : 0.004$$

$$= 1 : 2 : 4$$

∴ ধাতু তিনটির কার্যাপেক্ষকের অনুপাত 1 : 2 : 4 **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের লেখচিত্র অনুসারে,

১ম ধাতুর ক্ষেত্রে $\frac{1}{\lambda_1} = 0.001$ বা, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 1000$ nm,

২য় ধাতুর ক্ষেত্রে, $\frac{1}{\lambda_2} = 0.02$ বা, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 500$ nm,

৩য় ধাতুর ক্ষেত্রে, $\frac{1}{\lambda_3} = 0.004$ বা, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_3 = 250$ nm

∴ ১ম ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1000 \times 10^{-9}}$

$$= 1.9878 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.24 \text{ eV}$$

২য় ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi_2 = \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{500 \times 10^{-9}}$

$$= 3.976 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.48 \text{ eV}$$

৩য় ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi_3 = \frac{hc}{\lambda_3} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{250 \times 10^{-9}}$

$$= 7.95 \times 10^{-19} \text{ J} = 4.97 \text{ eV}$$

বেগুনি বর্ণের আলোর শক্তি,

$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}}$
$= 4.9695 \times 10^{-19}$ J
$= 3.11$ eV

এখানে, প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক,
$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js
আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
1 eV $= 1.6 \times 10^{-19}$ J
বেগুনি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 400$ nm
$= 400 \times 10^{-9}$ m

দেখা যাচ্ছে, $E > \phi_1$ এবং $E > \phi_2$ কিন্তু $E < \phi_3$

সুতরাং বলা যায়, ১ম ও ২য় ধাতু থেকে বেগুনি বর্ণের আলো ফটো ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে।

প্রশ্ন ▸ ৪২ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৭

দুটি ইলেক্ট্রন 0.866c ও 0.99c বেগে চলছে। ইলেক্ট্রনের স্থির ভর 9.1×10^{-31} kg।

ক. প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া কী? ১

খ. শান্টে খুব কম মানের রোধ ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম ইলেক্ট্রনের গতিশীল ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ১ম ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি ২য় ইলেক্ট্রনের গতিশক্তির চেয়ে কম- গানিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়া পরিবর্তনের পর বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে এবং সম্মুখবর্তী ও পশ্চাৎবর্তী পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রতিটি স্তরে তাপ, কাজ ও অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন সমান ও বিপরীত হয় তবে ঐ সব প্রক্রিয়াই হলো প্রত্যাগামী বা প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

খ গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করার জন্য গ্যালভানোমিটারের সমান্তরালে যে অল্প মানের রোধ যুক্ত করা হয় তাকে শান্ট বলে। গ্যালভানোমিটারের সাথে শান্ট সমান্তরালে যুক্ত করলে মূল তড়িৎ প্রবাহের বেশি অংশ শান্টের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে। বর্তনীর মূলপ্রবাহ একই থাকায়, গ্যালভানোমিটারের সমান্তরালে যুক্ত শান্টের রোধের মান যত কম হবে শান্টের মধ্য দিয়ে তত বেশি তড়িৎ প্রবাহিত হবে। ফলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কম তড়িৎ প্রবাহিত হবে। ফলে গ্যালভানোমিটারটি সুরক্ষিত থাকবে। একারণেই শান্টে খুব কম মানের রোধ ব্যবহার করা হয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.82×10^{-30} kg।

ঘ গ থেকে প্রাপ্ত,

১ম ইলেকট্রনের গতিশীল ভর,
$m_1 = 1.82 \times 10^{-30}$ kg
২য় ইলেকট্রনের গতিশীল ভর,

$$m_2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.99c}{c}\right)^2}}$$

$$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - 0.99^2}} = 6.45 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

এখানে,
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
১ম ইলেকট্রনের বেগ,
$v_1 = 0.866$ c
২য় ইলেকট্রনের বেগ, $v_2 = 0.99$ c
১ম ইলেকট্রনের গতিশীল ভর,
$m_1 = 1.82 \times 10^{-30}$ kg
২য় ইলেকট্রনের গতিশীল ভর,
$m_2 = ?$

সুতরাং ১ম ইলেকট্রনের গতিশক্তি,

$$T_1 = (m_1 - m_0)\,c^2 = (1.82 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2$$
$$= 8.19 \times 10^{-14}\text{ J}$$

একইভাবে ২য় ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $T_2 = (m_2 - m_0)\,c^2$
$= (6.45 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2 = 4.986 \times 10^{-13}\text{ J}$

অতএব দেখা যাচ্ছে, ১ম ইলেকট্রনের গতিশক্তি ২য় ইলেকট্রনের গতিশক্তির চেয়ে কম।

প্রশ্ন ▸ ৪৩ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

একটি রকেট 0.6c বেগে চলছে। একটি 0.5 kg ভর ও 1m দৈর্ঘ্যের লোহার দন্ড রকেটে রাখা আছে। নিশ্চল অবস্থায় লোহার দন্ডটির ঘনত্ব 8960 kgm^{-3}।

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. β নির্গমনে প্রোটনের সংখ্যা বেড়ে যায় - ব্যাখ্যা করো। ২
গ. লোহার দন্ডটির মোট শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. রকেটের ভিতরে লোহার দন্ডটির ঘনত্বের কীরূপ পরিবর্তন হবে যদি প্রস্থ ও পুরুত্বের আপেক্ষিক পরিবর্তন উপেক্ষা করা হয়। গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপবর্তন গ্রেটিং-এ যে কোনো একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ বিটা নির্গমনের সময় নিউক্লিয়াসের একটি নিউট্রন প্রোটনে রূপান্তরিত হয় এবং একটি ইলেকট্রন ও অ্যান্টিনিউট্রিনো নির্গত হয়। ফলে নিউট্রনের সংখ্যা কমে গিয়ে প্রোটনের সংখ্যা এক বৃদ্ধি পায়।

উদাহরণ: ${}^{14}_{6}\text{C} \longrightarrow {}^{14}_{7}\text{N} + e^- + \bar{\nu}_e$

এখানে, e^- হলো বিটা (β^-) কণা এবং $\bar{\nu}_e$ হলো অ্যান্টিনিউট্রিনো।

উক্ত বিক্রিয়াটিতে ${}^{14}_{6}\text{C}$ এ বিটা (β) ক্ষয়ের মাধ্যমে একটি প্রোটন সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়ে ${}^{14}_{7}\text{N}$ গঠিত হয়েছে।

গ ২৮ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৮ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৪৪ রংপুর ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৮

রফিক সিজিয়াম ধাতুর প্লেটের উপর 4500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষা সম্পাদন করল। সে নিবৃত্তি বিভব পেল 1.5 V। পরবর্তীতে সে 5500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সবুজ আলো ব্যবহার করল।

ক. ক্ষয় ধ্রুবক কী? ১
খ. কির্শফের ১ম সূত্র চার্জের সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সবুজ আলো ব্যবহার করলে ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে কীনা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ কার্শফের সূত্র অনুসারে কোন বর্তনীর যেকোনো বিন্দু দিয়ে কোন নির্দিষ্ট সময়ে আগত ও নির্গত মোট প্রবাহের যোগফল শূন্য, যেহেতু একই সময়ে প্রবাহের হিসাব করা হয়, তাই ঐ বিন্দুতে আগত ও প্রস্থানকৃত মোট চার্জের যোগফলও শূন্য হবে। অর্থাৎ ঐ বিন্দুতে যে পরিমাণ চার্জ প্রবেশ করে, ঠিক সেই পরিমাণ চার্জ প্রস্থান করে। অতএব, বর্তনীতে কোনো অতিরিক্ত চার্জ সৃষ্টি বা কোনো চার্জের বিলোপ ঘটেনা। তাই বলা যায় যে, কার্শফের প্রথম সূত্র চার্জের সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে।

গ ২০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৪৫ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

রহিম ও সবুজ হলো পিতা-পুত্র। রহিম সবুজের চেয়ে 25 বছরের বড়। রহিম একটি মহাকাশ যানে করে অন্য একটি গ্রহে 3 বছরে গিয়ে আবার 3 বছর পর ফিরে আসল (নিজের প্রসঙ্গ কাঠামো অনুযায়ী)। সে ফিরে এসে দেখল যে তার ছেলের চেয়ে সে 25 বছর ছোট হয়ে গেছে। রহিম অন্য গ্রহে যাওয়ার পর তার ছেলে সবুজ দুটি ধাতব পাত A ও B এর উপর 2500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলে পরীক্ষা সম্পাদন করলো। আলো পড়ার কারণে ধাতুদ্বয় থেকে যথাক্রমে 2.67 eV ও 0.23eV শক্তিবিশিষ্ট ইলেক্ট্রন নির্গত হলো। (Cs, P, Na, Hg, ও Ag এর কার্যাপেক্ষকের মান যথাক্রমে 2.14 eV, 2.3 eV, 2.75 eV, 4.74 eV ও 4.94 eV)।

ক. নিবৃত্তি বিভব কাকে বলে? ১
খ. ফটো তড়িৎ ক্রিয়ায় সবধরনের আলো ব্যবহার করা হয় না– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রহিমের মহাকাশ যানের বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সবুজের পরীক্ষণে ব্যবহৃত ধাতু দুটির নাম কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ঋনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলা হয়।

খ ফটো তড়িৎ ক্রিয়ায় সব ধরনের আলো ব্যবহার করা হয় না। আলোকরশ্মি যখন কোনো ধাতবপৃষ্ঠে আপতিত হয় তখন ধাতবপৃষ্ঠের ইলেকট্রন আলোকরশ্মি থেকে শক্তি গ্রহণ করে। যখন ইলেকট্রন দ্বারা গৃহীত এ শক্তি ধাতবপৃষ্ঠে বন্ধন শক্তি অপেক্ষা বেশি হয় তখন ইলেকট্রন মুক্ত হয়ে ধাতবপৃষ্ঠ থেকে বেরিয়ে আসে। এ ঘটনাকে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া বলে। ইলেকট্রন নিঃসরণের ন্যূনতম এ শক্তিকে ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে। অতএব আপতিত ফোটনের শক্তি যদি ধাতুর কার্যাপেক্ষক থেকে বেশি না হয় তবে ফটোতড়িৎ প্রবাহ হবে না। তাই সব ধরনের আলো দিয়ে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পাদন হয় না। ধাতুর কার্যাপেক্ষক বা সূচন কম্পাঙ্কের তুলনায় অধিক কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ঘটে।

গ মনে করি,
সবুজের বয়স x বছর।
সুতরাং রহিমের বয়স x + 25
রহিম মহাকাশ যানে করে একটি গ্রহে 3 বছরে যায় এবং আরও 3 বছর পর ফিরে আসে।

এখানে,
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\text{ ms}^{-1}$
রহিমের মহাকাশ যানের বেগ, $v = ?$

সুতরাং মহাকাশ ভ্রমনের মোট সময়, $t_0 = 3 + 3 = 6$ বছর
সময়ের আপেক্ষিকতার সূত্রানুসারে
পৃথিবীতে অতিবাহিত সময়কাল t হলে, $t = \dfrac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

অতএব, পৃথিবীর হিসাব অনুযায়ী, সবুজের বর্তমান বয়স হবে (x + t) বছর এবং রহিমের বয়স হবে $(x + 25 + t_0)$ বছর

প্রশ্নমতে,
$(x + t) - (x + 25 + t_0) = 25$
বা, $t - t_0 = 50$
বা, $\dfrac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - t_0 = 50$
বা, $t_0\left(\dfrac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right) = 50$
বা, $\dfrac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 = \dfrac{50}{t_0}$

বা, $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=\frac{50}{6}+1=\frac{28}{3}$

বা, $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}=\frac{3}{28}$

বা, $1-\frac{v^2}{c^2}=\left(\frac{3}{28}\right)^2$

বা, $\frac{v^2}{c^2}=1-\left(\frac{3}{28}\right)^2=\frac{775}{784}$

$\therefore v = 2.983 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

অতএব রহিমের মহাকাশ যানের বেগ, $2.987 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ

আমরা জানি,

$\frac{hc}{\lambda}=K+\phi$

সুতরাং ১ম ধাতব পাত A এর ক্ষেত্রে

$\frac{hc}{\lambda}=K_1+\phi_1$

বা, $\phi_1=\frac{hc}{\lambda}-K_1$

$=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{2500\times10^{-10}}-4.272\times10^{-19}$

$=3.684\times10^{-19}$ J

$=2.3$ eV

এখানে,

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$\lambda = 2500$ Å

$= 2500 \times 10^{-10}$ m

১ম ধাতুর প্রাপ্ত গতিশক্তি,

$K_1 = 2.67$ eV

$= 2.67 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$= 4.272 \times 10^{-19}$ J

২য় ধাতুর প্রাপ্ত গতিশক্তি,

$K_2 = 0.23$ eV

$= 0.23 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$= 3.68 \times 10^{-20}$ J

১ম ধাতুর কার্যাপেক্ষক $\phi_1 = ?$

২য় ধাতুর কার্যাপেক্ষক $\phi_2 = ?$

একইভাবে, ২য় ধাতব পাত B এর ক্ষেত্রে,

$\frac{hc}{\lambda}=K_2+\phi_2$

বা, $\phi_2=\frac{hc}{\lambda}-K_2=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{2500\times10^{-10}}-3.68\times10^{-20}$

$=7.588\times10^{-19}\text{ J}=4.74\text{ eV}$

অতএব ধাতুদ্বয়ের কার্যাপেক্ষকের মান থেকে বোঝা যায় যে, ১ম ধাতুটি P (ফসফরাস) এবং ২য় ধাতুটি হলো Hg (মার্কারী)

প্রশ্ন ▶ ৪৬ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৪

40 বছর বয়সী আরকিনের ওজন 55 kg। তিনি মিল্কিওয়ে গ্যালাক্সি গবেষণার জন্য মহাকাশযানে করে $2.4 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে যাত্রা শুরু করে। তার জমজ ভাই তাজুলের বয়স যখন 80 বছর তখন সে পৃথিবীতে ফিরে আসে।

ক. গ্যালিলিও রূপান্তর কাকে বলে? ১

খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ধাতুর সূচন কম্পাঙ্কের ওপর নির্ভর করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মহাকাশযানে আরকিনের ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তাদের বর্তমান বয়স সমান হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

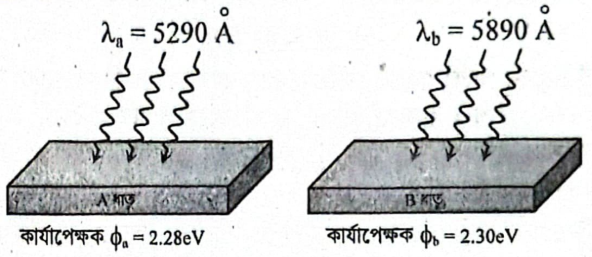
ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল দুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর স্থানাঙ্ক ও সময়ের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনকারী চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের সমীকরণসমূহ গ্যালিলীও রূপান্তর সমীকরণ।

খ যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোক রশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বা ফটো তড়িৎ ক্রিয়া বলে। কিন্তু প্রত্যেকটি ধাতব পৃষ্ঠের জন্য একটি সর্বনিম্ন কম্পাঙ্ক আছে যা অপেক্ষা কম কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। এ সর্বনিম্ন কম্পাঙ্ককে ঐ নির্দিষ্ট ধাতব পদার্থের জন্য সূচন কম্পাঙ্ক বলে। কোনো ধাতব পৃষ্ঠ থেকে ইলেকট্রন নির্গত হওয়ার জন্য ঐ ধাতুর জন্য নির্দিষ্ট সূচন কম্পাঙ্কের বা তার চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের আলো আপতিত হতে হবে। নচেৎ, কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না- ফলে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া ঘটবে না। সুতরাং বলা যায়, 'কোনো ধাতুর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল'।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 91.67 kg

ঘ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** আরকিনের বর্তমান বয়স 66 বছর; যা তার যমজ ভাইয়ের বর্তমান বয়সের সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৮


$\lambda_a = 5290$ Å
$\lambda_b = 5890$ Å
A ধাতু
B ধাতু
কার্যাপেক্ষক $\phi_a = 2.28$eV
কার্যাপেক্ষক $\phi_b = 2.30$eV

ক. ফোটন কাকে বলে? ১

খ. সূর্য যদি ব্ল্যাক হোলে পরিণত হয় তবে পৃথিবী কি সূর্যের চারদিকে ঘুরবে? ২

গ. A ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উভয় ধাতুতে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হবে– গাণিতিকভাবে উক্তিটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু থেকে আলো বা কোনো তড়িৎচুম্বকীয় শক্তির নিঃসরণ নিরবিচ্ছিন্নভাবে হয়না। আলো তথা যে কোনো বিকিরণ গুচ্ছ গুচ্ছ আকারে প্যাকেট বা কোয়ান্টাম হিসেবে নিঃসৃত হয়। আলোর এই কণার বা প্যাকেটকে ফেলন বলে।

খ ব্ল্যাকহোলের ধারণা অনুসারে, ব্ল্যাকহোলের ঘটনা দিগন্ত (Event Horizon) এর ভিতরে কোন বস্তু আসলে তা ব্ল্যাকহোলের মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের প্রভাবে এর ভিতরেই আটকে যাবে এবং আর মুক্ত হতে পারবে না। ব্ল্যাকহোলের কেন্দ্র থেকে এই দূরত্বকে সংকট ব্যাসার্ধ বা সোয়ার্জ চাইল্ড ব্যাসার্ধ (R_s) বলে। সূর্য ব্ল্যাকহোলে পরিণত হলে, এর সংকট ব্যাসার্ধ,

$R_s=\frac{2GM}{c^2}=\frac{2\times6.67\times10^{-11}\times2\times10^{30}}{(3\times10^8)^2}=2964.44$ m

যার তুলনায় পৃথিবী সূর্য থেকে অনেক দূরত্বে অবস্থান করে।

গ আমরা জানি,

$\phi_A = hf_o$

বা, $f_o=\frac{\phi_A}{h}$

$=\frac{3.648\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}}$

$=5.5\times10^{14}$ Hz **(Ans.)**

এখানে,

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

A ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi_A = 2.28$ eV

$= 2.28 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$= 3.648 \times 10^{-19}$ J

A ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক, $f_o = ?$

ঘ A ধাতুর ক্ষেত্রে, ব্যবহৃত ফোটনের শক্তি,

$E_1=\frac{hc}{\lambda_1}$

$=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{5290\times10^{-10}}$ J

$=\frac{3.76\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}}$ eV

$=2.35$ eV

B ধাতুর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত ফোটনের শক্তি,

$E_2=\frac{hc}{\lambda_2}=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{5890\times10^{-10}}$

$=\frac{3.38\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}}\text{ eV}=2.11\text{ eV}$

এখানে,

A ধাতুর ক্ষেত্রে আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 5290$Å

$= 5290 \times 10^{-10}$m

B ধাতুর ক্ষেত্রে আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 5890$Å

$= 5890 \times 10^{-10}$m

প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক,

$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

A ধাতুর কার্যাপেক্ষক $Q_a = 2.28$ eV

B ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $Q_b = 2.3$ eV

দেখা যাচ্ছে, $E_1 > \phi_a$ এবং $E_2 < \phi_b$। তাই A ধাতুতে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হলেও B ধাতুতে হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৪৮ **ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৩**

ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজের খেলার মাঠের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ যথাক্রমে 500 m এবং 200 m। 1000 kg ভরের একটি নভোযান দিয়ে একজন নভোচারী মাঠটির দৈর্ঘ্য বরাবর 0.9 c বেগে অতিক্রম করল।

ক. সূচন কম্পাংক কী? ১

খ. কোনো বস্তুর বেগ ফোটনের বেগের সমান হতে পারে না কেন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মহাকাশ যানটির আপেক্ষিক ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নভোচারী মাঠটির যে ক্ষেত্রফল মাপবে তা কি মাঠের প্রকৃত ক্ষেত্রফল সমান হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো আপতিত হলে তা ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্কই হলো ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক।

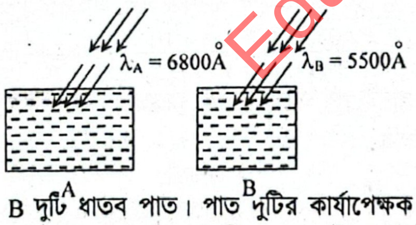
খ কোনো বস্তু আলোর বেগে চলতে পারেনা। ভরের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

এখন, v = c হলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1-1}} = \frac{m_0}{0} = \infty$ হয়, যা অসম্ভব। তাই বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান বা বেশি হতে পারে না। কারণ কোনো বস্তুর ভর অসীম হওয়া সম্ভব নয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2294.16 kg

ঘ ৩৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** মাঠের প্রকৃত ক্ষেত্রফল 1×10^5 m^2 এবং গতিশীল অবস্থায় ক্ষেত্রফল 4.36×10^4 m^2। সুতরাং নভোচারী মাঠটির যে ক্ষেত্রফল মাপবে তা প্রকৃত ক্ষেত্রফলের সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ **ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৫**



চিত্রে A ও B দুটি ধাতব পাত। পাত দুটির কার্যাপেক্ষক W_A ও W_B যথাক্রমে 2.1 eV এবং 2.0 eV। একটি আলোক উৎস থেকে পাত দুটির উপর যথাক্রমে 6800Å এবং 5500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করা হলো।

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কাকে বলে? ১

খ. আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুযায়ী কোন বস্তুর বেগ আলোর বেগের চেয়ে বেশি হতে পারে না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. B ধাতুর সূচন কম্পাংক কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের উভয় ধাতব পাত A ও B হতে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল থাকার কারণে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য সংকুচিত হওয়ার ঘটনাকে দৈর্ঘ্য সংকোচন বলে।

খ কোনো বস্তু আলোর বেগে চলতে পারেনা। ভরের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

এখন, v = c হলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1-1}} = \frac{m_0}{0} = \infty$ হয়, যা অসম্ভব। কারণ কোনো বস্তুর ভর অসীম হওয়া সম্ভব নয়। সুতরাং কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের চেয়ে বেশি হতে পারে না।

গ ৪৭ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4.83×10^{14} Hz।

ঘ ৪৭ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $E_A = 1.83$ eV $< W_A$ এবং $E_B = 2.26$ eV $> W_B$। তাই, A পাত থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত না হলেও B পাত থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হবে।

প্রশ্ন ▸ ৫০ **বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬**

একটি ক্রিকেট মাঠের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ যথাক্রমে 800 m ও 400 m। একজন নভোচারী মাঠটির দৈর্ঘ্য বরাবর 0.9 c বেগে 1000 kg ভরের মহাকাশযানে করে অতিক্রম করলো।

ক. লরেন্টজ রূপান্তর কী? ১

খ. আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানে আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব খুবই গুরুত্বপূর্ণ কেন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মহাকাশযানের গতিশীল ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নভোচারী কর্তৃক পরিমাপকৃত মাঠটির ক্ষেত্রফল মাঠটির প্রকৃত ক্ষেত্রফলের সমান নয়। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে রূপান্তর সূত্র প্রয়োগে তড়িৎ চুম্বকীয় সমীকরণ এক জড় কাঠামো থেকে অন্য কাঠামোতে নিলে অভিন্নরূপে প্রকাশিত হয়। তাই লরেন্টজ রূপান্তর।

খ পূর্বে নিউটনীয় বলবিদ্যা এবং গ্যালিলিওর আপেক্ষিকতার ধারনা কেবল নিম্নগতির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ছিল। কিন্তু বস্তু যদি আলোর গতির কাছাকাছি গতিতে চলে, তখন নিউটনের সূত্রগুলো ব্যর্থ হয়। আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব এই সমস্যার সমাধান দেয় এবং সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে পদার্থবিজ্ঞানের সমীকরণ একই থাকে তা নিশ্চিত করে। এছাড়াও কাল দীর্ঘায়ন, দৈর্ঘ্য সংকোচন, ভর বৃদ্ধি এবং আইনস্টাইনের বিখ্যাত সমীকরণ $E = mc^2$ এর ভিত্তি আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব। এ কারনেই আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানে আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2294.16 kg।

ঘ ৩৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: নভোচারী কর্তৃক নির্ণয়কৃত মাঠটির ক্ষেত্রফল ($A = 139484.77$ m^2) প্রকৃত ক্ষেত্রফলের ($A_0 = 320000$ m^2) সমান নয়।

প্রশ্ন ▸ ৫১ **রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৫**

0.85 c গতিতে চলমান একটি মহাকাশ যানে 0.9kg স্থির ভরের 1.5 মিটার লম্বা একটি তামার দণ্ড রাখা আছে। স্থির অবস্থায় তামার ঘনত্ব 8960 kgm^{-3}। $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1} আলোর শূন্যস্থানে দ্রুতি।

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কী? ১

খ. লরেন্টজ রূপান্তর থেকে কীভাবে গ্যালিলীয় রূপান্তরে পরিবর্তন করা যায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তামার দণ্ডটি থেকে গতিশীল অবস্থায় কী পরিমাণ শক্তি পাওয়া যাবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. প্রস্থ ও বেধ আপেক্ষিকতার বিবেচনায় না এনে মহাকাশ যানে তামার ঘনত্বের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল থাকার কারণে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য সংকুচিত হওয়ার ঘটনাই হলো দৈর্ঘ্য সংকোচন।

খ আমরা জানি, লরেন্টজ রূপান্তরের গাণিতিক সমীকরণ গুলো হলো—

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} ; y' = y ; z' = z$$

এবং $t' = \dfrac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

যখন গতিশীল বস্তুর বেগ আলোর বেগের তুলনায় খুবই ক্ষুদ্র হয় সে ক্ষেত্রে।

যখন $v << c$ তখন $\frac{v}{c} \approx 0$

এবং লরেন্টজ রূপান্তরের সমীকরণগুলো দাঁড়ায়

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$$

এবং $y' = y$ ও $z' = z$ ও $t' = t$
যা গ্যালিলীয় রূপান্তরের সমীকরণকে নির্দেশ করে।

গ ২৮(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.54×10^{17} J

ঘ ২৮(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ঘনত্বের পরিবর্তন হবে 260.36%।

প্রশ্ন ▸ ৫২ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৬

একটি ধাতব পাতে 4.5×10^{-7} m তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করে ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষা পরিচালনা করার সময় 1.5 V নিবৃত্তি বিভব পাওয়া গেল। পরবর্তীতে 5.5×10^{-7} m তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করা হলো।

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী? ১
খ. আলোর উজ্জ্বল্য বাড়লে আলোক তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে আলোক ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের পরবর্তীতে আলো ব্যবহার করায় আলোক তড়িৎ প্রবাহ ঘটবে কি না? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো উক্ত ধাতুর ওপর ফেলা হলে ঐ ধাতু থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্কই হলো ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক।

খ যে কোনো নির্দিষ্ট কম্পাংকের জন্য ফটোপ্রবাহ আপতিত আলোর তীব্রতার সমানুপাতিক। আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি পেলে ফটো কারেন্ট বাড়ে এবং আলোর তীব্রতা হ্রাস পেলে ফটো কারেন্ট কমে। কারণ আলোর তীব্রতা বেশি হলে ফোটন সংখ্যা বেশি হয়। ফলে বেশি ইলেকট্রন নির্গত হয়। এতে তড়িৎ প্রবাহের মানও বৃদ্ধি পায়।

গ ২০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৫৩ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৫

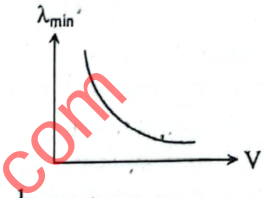
আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষায় কোন ধাতুর উপর নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক আপতিত করলে নিবৃত্তি বিভবের মান 5V পাওয়া যায়। পরবর্তীতে ঐ ধাতুর উপর দ্বিগুণ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করলে নিবৃত্তি বিভবের মান 1.65 V হয়। একজন পর্যবেক্ষক ধারণা করলেন ধাতুর কার্যাপেক্ষক 1.65 eV হতে 1.75 eV এর মধ্যে।

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কাকে বলে? ১
খ. এক্স-রশ্মি উৎপন্নে এক্স-রশ্মির ন্যূনতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য বনাম প্রযুক্ত বিভব পার্থক্যের লেখচিত্র অংকন করে— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উভয় ক্ষেত্রে ধাতু হতে নিঃসৃত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগের তুলনা করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের পর্যবেক্ষকের ধারণার যথার্থতা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল থাকার কারণে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য সংকুচিত হওয়ার ঘটনাকে দৈর্ঘ্য সংকোচন বলে।

খ এক্স-রশ্মি উৎপন্নে ন্যূনতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$। এখানে, h, c ও e যথাক্রমে প্লাঙ্কের ধ্রুবক, আলোর বেগ ও ইলেকট্রনের আধান। এরা প্রত্যেকেই ধ্রুবক। V হলো প্রযুক্ত বিভব। সুতরাং λ_{min} বনাম V গ্রাফ হবে নিম্নরূপ—



এখানে, $\lambda_{min} \propto \frac{1}{V}$; অর্থাৎ, ন্যূনতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য প্রযুক্ত বিভবের ব্যাস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। লেখচিত্রটি একটি আয়তাকার অধিবৃত্ত। প্রযুক্ত বিভব বেশি হলে ন্যূনতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য কমতে থাকে এবং প্রযুক্ত বিভব কম হলে ন্যূনতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য বাড়তে থাকে।

গ আমরা জানি,
১ম ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সর্বাধিক বেগ,

$$v_m = \sqrt{\frac{2eV_o}{m}}$$

এবং ২য় ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সর্বাধিক বেগ,

$$v_m' = \sqrt{\frac{2eV_o'}{m}}$$

এখানে,
১ম ক্ষেত্রে,
নিবৃত্তি বিভব, $V_o = 5$ V
২য় ক্ষেত্রে, নিবৃত্তি বিভব, $V_o' = 1.65$ V
ইলেকট্রনের ভর, m ও আধান, e

এখন, $$\frac{v'_m}{v_m} = \frac{\sqrt{\frac{2eV_o}{m}}}{\sqrt{\frac{2eV_o'}{m}}} = \sqrt{\frac{V_0}{V_0'}} = \sqrt{\frac{1.65}{5}} = 0.57$$

বা, $V_m' = 0.57$ Vm

সুতরাং ২য় ক্ষেত্রে, ইলেকট্রনের সর্বাধিক বেগ ১ম ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সর্বাধিকং বেগের 0.57 গুণ হবে। **(Ans.)**

ঘ ধরি, ধাতুটির কার্যাপেক্ষক ϕ

আমরা জানি,

$$\frac{hc}{\lambda} = \phi + eV_o$$

সুতরাং ১ম ক্ষেত্রে,

$$\frac{hc}{\lambda_1} = \phi + eV_o \text{..........(i)}$$

২য় ক্ষেত্রে,

$$\frac{hc}{\lambda_2} = \phi + eV'_o \text{..........(2)}$$

এখানে,
প্লাংঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
১ম ক্ষেত্রে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য $= \lambda_1$
এবং নিবৃত্তি বিভব, $V_o = 5$ V
২য় ক্ষেত্রে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 2\lambda_1$
ইলেকট্রনের আধান $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
নিবৃত্তি বিভব, $V_o' = 1.65$ V

(1) ÷ (2) হতে পাই, $$\frac{\frac{hc}{\lambda_1}}{\frac{hc}{\lambda_2}} = \frac{\phi + eV_o}{\phi + eV_o'}$$

বা, $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\phi + e \times 5}{\phi + e \times 1.65}$

বা, $\frac{2\lambda_1}{\lambda_1} = \frac{\phi + 5e}{\phi + 1.65e}$

বা, $2\phi + 2e \times 1.65 = \phi + e \times 5$

বা, $\phi = 5e - 2e \times 1.65$

বা, $\phi = 1.7\ e$

সুতরাং, ধাতুটির কার্যাপেক্ষক $\phi = \frac{1.7e}{e} = 1.7\ V$

$\therefore 1.65\ V < \phi < 1.75\ V$

সুতরাং, উদ্দীপকের পর্যবেক্ষকের ধারণাটি যথার্থ।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৬

একটি আয়তাকার মাঠের দৈর্ঘ্য বরাবর 0.6 c বেগে গতিশীল রকেটের একজন পর্যবেক্ষক মাঠটির দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ যথাক্রমে 80 m ও 64 m পরিমাপ করলেন। রকেটের স্থির ভর 10^5 kg ও দৈর্ঘ্য 20 m। মাঠে উপস্থিত থাকা একজন দর্শক রকেটটির ঘনত্ব 312.5 kgm^{-3} পরিমাপ করলেন।

ক. সূচন কম্পাংক কাকে বলে? ১

খ. আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার নিবৃত্তি বিভব বনাম কম্পাংক লেখচিত্র অংকন করে– ব্যাখ্যা করো। ২

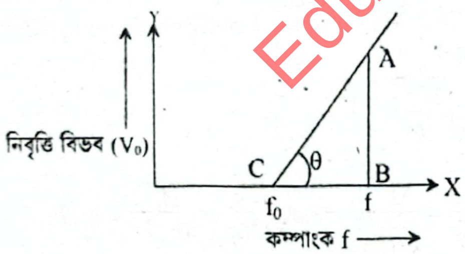
গ. মাঠটির প্রকৃত ক্ষেত্রফল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. স্থির রকেটের ঘনত্ব নির্ণয় করা সম্ভব কিনা?– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো উক্ত ধাতুর ওপর ফেলা হলে ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয় না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ আলোক তড়িৎ ক্রিয়ায় নিবৃত্তি বিভব বনাম কম্পাংক লেখচিত্র হবে নিম্নরূপ–



লেখচিত্র হতে দেখা যায় যে, একটি নির্দিষ্ট কম্পাংক f_0 এর আগে নিবৃত্তি বিভব শূন্য হয়; অর্থাৎ কোনো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। একে সূচন কম্পাংক বলে। $f > f_0$ হলে; কম্পাংক বৃদ্ধির সাথে সাথে নিবৃত্তি বিভব V_0 এর মানও বৃদ্ধি পায়।

গ নিশ্চল দৈর্ঘ্য L_0এবং গতিশীল দৈর্ঘ্য L এর জন্য দৈর্ঘ্যের আপেক্ষিকতার সূত্রানুসারে,

$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

বা, $L_0 = \frac{L}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$= \frac{80}{\sqrt{1 - \frac{(0.6c)^2}{c^2}}} = 100\ m$

এখানে, গতিশীল অবস্থায় পর্যবেক্ষণকৃত মাঠের দৈর্ঘ্য,
L = 80 m
প্রস্থ, b = 64 m
রকেটের বেগ, v = 0.6 c
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

প্রস্থ বরাবর বেগের কোনো উপাংশ না থাকায় গতিশীল অবস্থায় পর্যক্ষেকের নিকট মাঠের পরিমাপকৃত প্রস্থ অপরিবর্তিত থাকবে।

সুতরাং মাঠটির প্রকৃত ক্ষেত্রফল, $A_0 = L_0 \times b = 100 \times 64 = 6400\ m^2$ **(Ans.)**

ঘ গতিশীল অবস্থায় দর্শকের সাপেক্ষে গতিশীল রকেটের ভর

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$= \frac{(10)^5}{\sqrt{1 - \frac{(0.6c)^2}{c}}}$

$= 1.25 \times 10^5\ kg$

এখানে,
রকেটের বেগ, v = 0.6c
রকেটের স্থির ভর, $m_0 = 10^5$ kg
গতিশীল অবস্থায় ঘনত্ব $\rho = 312.5\ kgm^{-3}$
গতিশীল অবস্থায় আয়তন = V

দর্শকের সাপেক্ষে গতিশীল রকেটের আয়তন, $V = \frac{m}{\rho} = \frac{1.25 \times 10^5}{312.5}$

$= 400\ m^3$

ধরি, রকেটের গতিশীল দৈর্ঘ্য L ও নিশ্চল দৈর্ঘ্য L_0 এবং রকেটের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A। রকেটটি যেহেতু দৈর্ঘ্য বরাবর গতিশীল তাই ক্ষেত্রফল A ধ্রুব থাকবে।

দৈর্ঘ্যের আপেক্ষিকতার সূত্রানুসারে–

$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$AL = AL_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

বা, $V = V_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ [V_0 = নিশ্চল আয়তন]

সুতরাং, $V_0 = \frac{V}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{400}{\sqrt{1 - \frac{(0.6c)^2}{c^2}}}$

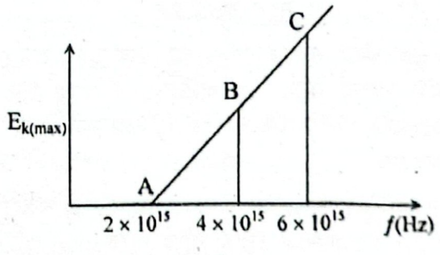
বা, $V_0 = 500\ m^3$

সুতরাং, নিশ্চল অবস্থায় ঘনত্ব, $\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} = \frac{1 \times 10^5}{500} = 200\ kgm^{-3}$

সুতরাং, স্থির রকেটের ঘনত্ব নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২

একজন বিজ্ঞানী একটি রকেটে করে মহাকাশ ভ্রমণের উদ্দেশ্যে গেলেন। তিনি রকেটের ভেতরে রাখা দুটি ধাতব পাত B ও C এর উপর আলো ফেলে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া পর্যবেক্ষণ করলেন। পরবর্তীতে তিনি লক্ষ্য করলেন যে তার পরীক্ষাটি চিত্র-১ এর লেখচিত্রকে সমর্থন করে। ভূ-পৃষ্ঠে রকেটটির দৈর্ঘ্য 100 m ভর 60,000 kg এবং এটি ভূপৃষ্ঠের কোন স্থির পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে $3 \times 10^7\ ms^{-1}$ বেগে গতিশীল।



চিত্র-১

ক. বিভব বিভাজক কী? ১

খ. খোলা বর্তনীতে কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এর তড়িচ্চালক শক্তির সমান– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের চিত্র-১ এর B ও C বিন্দুতে নিবৃত্ত বিভবের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের রকেটটির বেগ দ্বিগুণ করলে এর গতিশক্তির পরিবর্তন নির্ণয় করা সম্ভব কিনা– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিভব বিভাজক এমন একটি ব্যবস্থা যা দ্বারা কোনো বিভব পার্থক্যকে নির্দিষ্ট অনুপাতে বিভক্ত করা যায়।

খ যখন একটি কোষ খোলা বর্তনীতে থাকে, তখন কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না কারণ বর্তনী সম্পূর্ণ নয়। এর ফলে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের ভিতর দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। ওহমের সূত্রানুযায়ী কোষের অভ্যন্তরে ভোল্টেজ ড্রপ, $I_r = 0 \times r = 0$।

আমরা জানি, তড়িৎচালক শক্তি, $E = V + I_r$

সুতরাং এক্ষেত্রে,

$E = V + 0 \times r$ বা, $E = V$

অর্থাৎ খোলা বর্তনীতে কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এর তড়িচ্চালক শক্তির সমান।

গ B বিন্দুতে নিবৃত্ত বিভব V_{OB} হলে,

$hf_B = hf_o + eV_B$

বা, $eV_B = h(f_B - f_o)$ ....(1)

C বিন্দুতে নিবৃত্তি বিভব V_{OC} হলে, $hf_C = hf_o + eV_c$

বা, $eV_C = h(f_C - f_o)$ ....(2)

(1) ÷ (2) হতে পাই,

$$\frac{eV_B}{eV_C} = \frac{h(f_B - f_o)}{h(f_C - f_o)}$$

বা, $$\frac{V_B}{V_C} = \frac{4 \times 10^{15} - 2 \times 10^{15}}{6 \times 10^{15} - 2 \times 10^{15}}$$

এখানে,
সূচন কম্পাংক, $f_o = 2 \times 10^{15}$ Hz
B বিন্দুতে কম্পাংক, $f_B = 4 \times 10^{15}$ Hz
C বিন্দুতে কম্পাংক, $f_C = 6 \times 10^{15}$ Hz
প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
ইলেকট্রনের আধান, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ c

বা, $$\frac{V_B}{V_C} = \frac{1}{2}$$

∴ B ও C বিন্দুতে নিবৃত্তি বিভবের অনুপাত $V_B : V_C = 1 : 2$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

গতিশক্তি, $T = mc^2 - m_oc^2$

বা, $$T = \frac{m_oc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_oc^2$$

বা, $$T = m_oc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right)$$

সুতরাং ১ম ক্ষেত্রে গতিশক্তি,

$$T = m_oc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right)$$

এখানে,
রকেটের ভর, $m_o = 60000$ kg
রকেটের বেগ, $v = 3 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
বেগ দ্বিগুণ হলে, $v' = 6 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$

$$= 60000 \times (3 \times 10^8)^2\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(3 \times 10^7)^2}{(3 \times 10^8)^2}}} - 1\right) = 2.72 \times 10^{19} \text{ J}$$

২য় ক্ষেত্রে গতিশক্তি, T′ হলে,

$$T' = m_oc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1\right)$$

$$= 60000 \times (3 \times 10^8)^2 \times \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{(6 \times 10^7)^2}{(3 \times 10^8)^2}}} - 1\right)$$

$$= 1.1135 \times 10^{20} \text{ J}$$

সুতরাং গতিশক্তির পরিবর্তন,

$\Delta T = T' - T$

$= 1.1135 \times 10^{20} - 2.72 \times 10^{19} = 8.415 \times 10^{19}$ J

সুতরাং উদ্দীপকের রকেটটির বেগ দ্বিগুণ করলে এর গতিশক্তির পরিবর্তন নির্ণয় সম্ভব এবং এই পরিবর্তনের মান 8.415×10^{19} J।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ৷ প্রশ্ন নং ৩

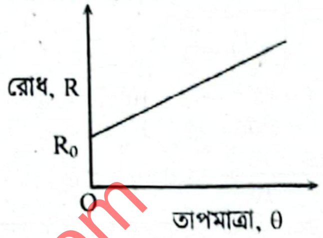
পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে 500 আলোকবর্ষ দূরে একটি গ্রহে গবেষণা করার জন্য একদল বিজ্ঞানী 50 বছর বয়সের একটি কচ্ছপকে 0.9c বেগে চলমান নভোযানের মাধ্যমে ঐ গ্রহে পাঠায়। কচ্ছপটির গড় আয়ু 500 বছর এবং ভর 20kg.

ক. ওহমের সূত্রটি লিখ। ১
খ. পরিবাহীর রোধ বনাম তাপমাত্রার লেখচিত্র আঁক। ২
গ. চলমান অবস্থায় কচ্ছপটির ভর নির্ণয় করো। ৩
ঘ. কচ্ছপটি জীবিত অবস্থায় ঐ গ্রহে পৌছাতে পারবে কি না তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর মধ্যদিয়ে যে বিদ্যুৎ প্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

খ পরিবাহীর রোধের সাথে তাপমাত্রার সম্পর্ক রয়েছে। তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়। যা $R_\theta = R_0 + R_0\,\alpha\theta$ সমীকরণের মাধ্যমে নির্ণয় করা সম্ভব। যেখানে, R_0 ও R_θ হলো যথাক্রমে 0°C ও θ°C তাপমাত্রায় পরিবাহীর রোধ এবং α হলো রোধের উষ্ণতা সহগ। সমীকরণ থেকে দেখা যায় পরিবাহীর রোধ বনাম তাপমাত্রা লেখচিত্রটি সরলরেখা হবে। লেখচিত্রটি নিচে আঁকা হলো—



গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 45.88 kg।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ঐ গ্রহে পৌছালে কচ্ছপটির বয়স হবে 290.6 বছর যা গড় আয়ু 500 বছর থেকে কম। তাই বলা যায় কচ্ছপটি জীবিত অবস্থায় ঐ গ্রহে পৌছাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ৷ প্রশ্ন নং ৬

একটি স্থির ইলেকট্রন আলোর বেগের 90% বেগে গতিশীল হলো।

ক. অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১
খ. কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে কী? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. লরেঞ্জ ফ্যাক্টর (Factor) এর মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে আপেক্ষিক তত্ত্বাদের ক্ষেত্রে গতিশক্তি এবং সনাতনী পদার্থবিজ্ঞানের ক্ষেত্রে গতিশক্তির তুলনামূলক আলোচনা করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল প্রসজ্ঞে কাঠামো পরস্পরের সাথে ধ্রুব বেগে গতিশীল নয় অর্থাৎ যে সকল প্রসজ্ঞা কাঠামোর ত্বরণ থাকে তাদেরকে অজড় প্রসজ্ঞা কাঠামো বলে।

খ গতিশীল ভর ও নিশ্চল ভরের মধ্যে সম্পর্ক হলো, $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$।

এখন, কোনো বস্তুর বেগ যদি আলোর বেগের সমান হয়, অর্থাৎ $v = c$ হয় তবে $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$।

$$= \frac{m_o}{0} = \text{অসীম।}$$

অর্থাৎ কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হলে বস্তুর ভর অসীম হয়ে যায়, যা সম্ভব নয়। অর্থাৎ কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারেনা।

গ আমরা জানি

লরেঞ্জ ফ্যাক্টর

$$= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.9c)^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 - (0.9)^2}} = 2.29 \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
ইলেকট্রনের বেগ, $v = c$ এর 90%
$= 0.9$ c

ঘ সনাতনী পদার্থবিজ্ঞানের ক্ষেত্রে গতিশক্তি,

$$T_1 = \frac{1}{2} m_o v^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times (0.9c)^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times (0.9 \times 3 \times 10^8)^2$$
$$= 3.32 \times 10^{-14}\ J$$

এখানে, আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$
ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর,
$m_o = 9.11 \times 10^{-31}\ kg$
ইলেকট্রনের বেগ, $v = 0.9c$
'গ' হতে পাই, লরেঞ্জ ফ্যাক্টর $= 2.29$

আপেক্ষিক তত্ত্ববাদের ক্ষেত্রে গতিশক্তি T_2 হলে,

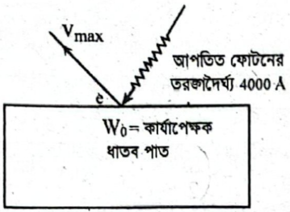
$$T_2 = mc^2 - m_oc^2$$
$$= \frac{m_oc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_oc^2$$
$$= m_oc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$
$$= 9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2 \times (2.29 - 1)$$
$$= 1.06 \times 10^{-13}\ J$$

এখানে, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{1.06 \times 10^{-13}}{3.32 \times 10^{-14}}$ বা, $T_2 = 3.2\ T_1$

উদ্দীপক অনুসারে আপেক্ষিক তত্ত্ববাদের গতিশক্তি সনাতনী পদার্থবিজ্ঞানের গতিশক্তির 3.2 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

চিত্রে: নিবৃত্তি বিভবের মান 2V পাওয়া যায়।



ক. সূচন কম্পাংক কাকে বলে? ১
খ. হাইজেনবার্গ অনিশ্চয়তা নীতি লেখো এবং ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চিত্রানুসারে নির্গত ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ধাতব পাতের উপর 7000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পতিত হলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ঘটবে কিনা– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো উক্ত ধাতুর ওপর ফেলা হলে ঐ ধাতু থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চিয়তা নীতি: একই সময়ে কোনো কণার অবস্থান ও ভরবেগে নির্ণয়ের অনিশ্চয়তার গুণফল কখনোই প্লাঙ্কের ধ্রুবক অপেক্ষা ছোট হতে পারে না।

কোনো নির্দিষ্ট দিকে কোনো নির্দিষ্ট সময়ে কোনো কণার অবস্থানের নিশ্চয়তা Δx এবং ভরবেগের অনিশ্চয়তা Δp হলে, অনিশ্চয়তার নীতি অনুসারে, $\Delta x.\Delta p \geq \hbar$

পরবর্তীকালে এই নীতির গাণিতিক প্রকাশকে সংশোধন করে লেখা হয়,

$$\Delta x.\Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

এখানে, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ = হ্রাসকৃত প্ল্যাংকের ধ্রুবক। $\hbar$ এর মান $= 1.055 \times 10^{-34}$ Js।

গ ২০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $8.38 \times 10^5\ ms^{-1}$।

ঘ ২০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ধাতব পাতটির কার্যাপেক্ষক $W_0 = 1.11eV$ এবং আপাতিত আলোর শক্তি $E = 3.11$ eV। যেহেতু $E > W_0$ সুতরাং, ফটো তড়িৎ ক্রিয়া ঘটবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৯ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

একটি বস্তুর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং উচ্চতা যথাক্রমে 3 m, 2 m এবং 1 m। বস্তুটির ভর 200 kg। এটা নিজের দৈর্ঘ্য বরাবর পৃথিবী থেকে 0.6 c বেগে গতিশীল।

ক. জড় প্রসজ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১
খ. নিবৃত্তি বিভব 2000 volt বলতে কী বুঝ? ২
গ. পৃথিবী থেকে নির্ণীত গতিশীল বস্তুটির ঘনত্ব কত? ৩
ঘ. নিউটনীয় বলবিদ্যা থেকে প্রাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুযায়ী গতিশক্তি এক হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসজ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসজ্গ কাঠামো বলে।

খ ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ঋণাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা সদ্য বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলে। নিবৃত্তি বিভব 2000 volt বলতে বুঝায় ফটোতড়িৎ ক্রিয়া বন্ধ করার জন্য ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে ন্যূনতম 2000 volt ঋণাত্মক বিভব দিতে হবে।

গ ২৮(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $52.08\ kgms^{-3}$।

ঘ ৫৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নিউটনীয় বলবিদ্যা থেকে প্রাপ্ত গতিশক্তি, $E_K = 3.24 \times 10^{18}$ J এবং আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুযায়ী গতিশক্তি, $E_K' = 4.5 \times 10^{18}$ J। যেহেতু $E_K \neq E_k'$ সুতরাং নিউটনীয় বলবিদ্যা থেকে প্রাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুযায়ী গতিশক্তি এক নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬০ ঢাকা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৫

পৃথিবীতে মাতা ও কন্যার বয়স যথাক্রমে 30 বছর ও 10 বছর এবং মাতার ভর 60 kg। কন্যাকে পৃথিবীতে রেখে মাতা কাল্পনিক মহাকাশযানে চড়ে 0.8c বেগে রওনা দিল।

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১
খ. গ্যালিলিও ও লরেঞ্জ রূপান্তর সমীকরণের দুটি পার্থক্য লিখ। ২
গ. গতিশীল কাঠামোতে মাতার ভর নির্ণয় কর। ৩
ঘ. মাতা ও কন্যার বয়স একই হওয়া সম্ভব কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাই ভরের আপেক্ষিকতা।

খ গ্যালিলিও ও লরেঞ্জ রূপান্তর সমীকরণের মধ্যে দুটি পার্থক্য হলো—

গ্যালিলিও রূপান্তর সমীকরণ	লরেঞ্জ রূপান্তর সমীকরণ
(i) এতে আলোর বেগ ধ্রুব থাকে না, আপেক্ষিক হয়।	(i) এতে আলোর বেগ ধ্রুব থাকে।
(ii) এতে সময় সার্বজনীন। অর্থাৎ সব পর্যবেক্ষকের জন্য সময় একই থাকে।	(ii) এতে সময় আপেক্ষিক, অর্থাৎ বিভিন্ন পর্যবেক্ষকের জন্য সময় ভিন্ন হতে পারে বা কাল দীর্ঘায়ন ঘটে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 100 kg।

খ

শর্তমতে, $30 + t_0 = 10 + t$

বা, $30 + t_0 = 10 + \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $20 = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v_2}{c_2}}} - t_0$

বা, $20 = t_0\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} - 1\right)$

বা, $20 = t_0\left(\frac{1}{\sqrt{1 - (0.8)^2}} - 1\right)$

বা, $20 = t_0 \times \frac{2}{3}$ $\therefore t_0 = 30$ বছর

এখানে,
মহাকাশযানের বেগ,
$v = 0.8$ c
ধরি, মাতা মহাকাশযানে চড়ে রওনা দেওয়ার পর t_0 বছর পর (নিজের কাঠামোতে) এবং পৃথিবীর হিসাবে t বছর পর পৃথিবীতে ফিরে আসলে মাতা ও কন্যার বয়স সমান হবে।
∴ মাতার বয়স হবে = $(30 + t_0)$ বছর এবং
কন্যার বয়স হবে = $(10 + t)$ বছর

$\therefore t = 30 + t_0 - 10 = 30 + 30 - 10 = 50$ yr

সুতরাং, মাতা যদি মহাকাশযানে চড়ে নিজের কাঠামোর হিসেবে 30 বছর বা পৃথিবীর হিসাবে 50 বছর পর পৃথিবীতে ফিরে আসলে তখন মাতা ও কন্যার বয়স একই হবে এবং উভয়ের বয়স 60 বছর হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬১ ঢাকা কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৮

কোন ধাতুর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 6000 Å। ঐ ধাতুটিকে 4000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা আলোকিত করা হলো।

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কাকে বলে? ১

খ. আলোক তড়িৎ ক্রিয়ায় প্রবাহমাত্রা বনাম আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক লেখটি ব্যাখ্যা কর। ২

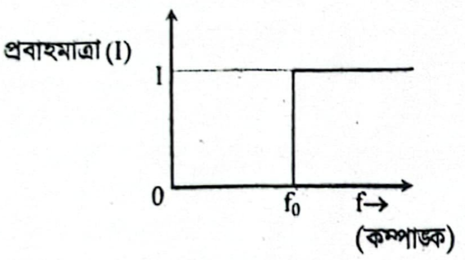
গ. উদ্দীপক অনুসারে ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ধাতুটিকে 2000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা আলোকিত করা হলে নিবৃত্তি বিভব কি দ্বিগুণ হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো উক্ত ধাতুর ওপর ফেলা হলে ঐ ধাতু থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ আলোক তড়িৎ ক্রিয়ায় প্রবাহমাত্রা বনাম আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক লেখচিত্রটি পাশে দেখানো হল:



লেখচিত্র অনুসারে:

(i) $f < f_0$ হলে, প্রবাহ $I = 0$।
যদি আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক সূচন কম্পাঙ্ক থেকে কম হয়, তাহলে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না। ফলে প্রবাহমাত্রা শূন্য থাকবে।

(ii) $f = f_0$ এ প্রথমবার ইলেকট্রন নির্গত হয়, তাই ফটোপ্রবাহ পাওয়া যায়।

(iii) $f > f_0$ হলে, ফটোপ্রবাহ একটি স্থিতিশীল মানে পৌঁছে যায়। এ সময় ফটো ইলেকট্রন নির্গত হতে থাকে এবং প্রবাহমাত্রার মান আপতিত আলোর তীব্রতার উপর নির্ভর করে, তাই কম্পাঙ্ক বৃদ্ধির ফলে এটি উল্লেখযোগ্যভাবে পরিবর্তিত হয় না। তবে তীব্রতা বাড়ালে প্রবাহমাত্রা বাড়বে।

গ

আমরা জানি,

$E = K_{max} + \phi$

বা, $\frac{hc}{\lambda} = K_{max} + \frac{hc}{\lambda_0}$

বা, $K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$

এখানে,
সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_0 = 6000$ Å $= 6 \times 10^{-7}$ m
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 4000$ Å $= 4 \times 10^{-7}$ m
প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক,
$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

$= 6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \left(\frac{1}{4 \times 10^{-7}} - \frac{1}{6 \times 10^{-7}}\right)$

$= 1.6565 \times 10^{-19}$ J **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,

$K_{max} = 1.6565 \times 10^{-19}$ J

এক্ষেত্রে, নিবৃত্তি বিভব V_s হলে,

$K_{max} = eV_s$

বা, $V_s = \frac{K_{max}}{e} = \frac{1.6565 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$

$= 1.0353$ V

এখানে,
ইলেকট্রনের চার্জ,
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

ধাতুটিকে 2000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্য দ্বারা আলোকিত করলে নিবৃত্তি বিভব V_s' হলে,

$E = K_{max} + \phi$

বা, $\frac{hc}{\lambda_1} = eV_s' + \frac{hc}{\lambda_0}$

বা, $eV_s' = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_0}$

বা, $V_s' = \frac{hc}{e}\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$

এখানে,
সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_0 = 6000$ Å $= 6 \times 10^{-7}$ m
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_1 = 2000$ Å $= 2 \times 10^{-7}$ m
প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক,
$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

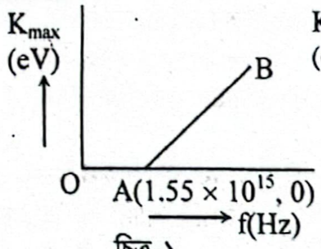
$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19}} \left(\frac{1}{2 \times 10^{-7}} - \frac{1}{6 \times 10^{-7}}\right)$

$= 4.14$ V

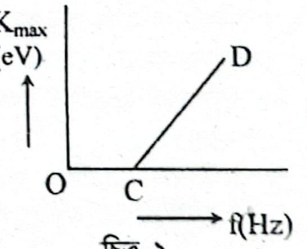
দেখা যাচ্ছে, $\frac{V_s'}{V_s} = \frac{4.14}{1.0353} = 4$ $\therefore V_s' = 4 V_s$

সুতরাং, নিবৃত্তি বিভব দ্বিগুণ হবে না বরং 4 গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬২ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৬



চিত্র-১



চিত্র-২

চিত্রে একই ধাতুর জন্য আলোক তড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শনের দুটি পরীক্ষা দেখানো হয়েছে। যেখানে B বিন্দুর স্থানাংক $(3\times10^{15}, 6)$ এবং D বিন্দুর স্থানাংক $(5\times10^{15}, 14.3)$

ক. এক্স-রে কাকে বলে? ১

খ. নিউটনীয় বলবিদ্যা এবং আইনস্টাইনীয় বলবিদ্যার মধ্যে তফাত কী? ২

গ. ধাতুটির কার্যাপেক্ষক বের কর। ৩

ঘ. কোন চিত্র অনুযায়ী নিবৃত্তি বিভবের মান বেশি হতে হবে—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোন ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতাসম্পন্ন অজানা প্রকৃতির এক প্রকার বিকিরণ উৎপন্ন হয়, এ বিকিরণকে এক্স-রে বলে।

খ নিউটনীয় বা চিরায়ত বলবিদ্যার মতে স্থান, কাল ও ভর ধ্রুব। কিন্তু আইনস্টাইনীয় বলবিদ্যার মতানুযায়ী এসব পরম নয়, বরং আপেক্ষিক। নিউটনীয় বলবিদ্যা ধীরগতির বস্তু ও নিম্ন শক্তির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য; অন্যদিকে আইনস্টাইনীয় বলবিদ্যা উচ্চ গতির বস্তু ও শক্তির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। নিউটনের সূত্র দৈনন্দিন জীবনে কার্যকর হলেও, আইনস্টানীয় বলবিদ্যা দৈনন্দিন জীবনে অকার্যকর।

গ আমরা জানি,

কার্যাপেক্ষক,

$$\phi = hf_0$$
$$= 6.63 \times 10^{-34} \times 1.55 \times 10^{15}$$
$$= 1.02765 \times 10^{-18}\ \text{J}$$
$$= \frac{1.02765 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}}\ \text{eV}$$
$$= 6.423\ \text{eV}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
উদ্দীপকের চিত্র-১ হতে ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক,
$f_0 = 1.55 \times 10^{15}\text{Hz}$
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}\ \text{Js}$

ঘ

আমরা জানি, নিবৃত্তি বিভব V_s হলে,

$$eV_s = K_{max}$$

উদ্দীপকের চিত্র-১ এর ক্ষেত্রে,

গতিশক্তি, $K_{max,1} = 6\ \text{eV} = 6 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$

নিবৃত্তি বিভব, $V_{s,1}$

$$eV_{s,1} = K_{max,1}$$

$$\text{বা, } V_{s,1} = \frac{K_{max,1}}{e} = \frac{6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6\ \text{V}$$

এখানে,
ইলেকট্রনের চার্জ,
$e = -1.6 \times 10^{-19}\text{C}$
$1\text{eV} = 1.0 \times 10^{-19}\text{J}$

চিত্র-২ এর ক্ষেত্রে, গতিশক্তি $K_{max,2} = 14.3\ \text{eV}$
$= 14.3 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$

সুতরাং, এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব, $V_{s,2}$

$$eV_{s,2} = K_{max,2}$$

$$\text{বা, } V_{s,2} = \frac{K_{max,2}}{e} = \frac{14.3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 14.3\text{V} > V_{s,1}$$

∴ চিত্র-২ অনুযায়ী নিবৃত্তি বিভবের মান বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ ঢাকা সিটি কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৪

20000 kg ভর ও 200 m দৈর্ঘ্যের একটি মহাকাশযান মহাকাশ ভ্রমণের উদ্দেশ্যে পৃথিবীর সাপেক্ষে 0.8 c বেগে গতিশীল আছে।

ক. এন্ট্রপি কাকে বলে? ১

খ. কির্শফের প্রথম সূত্র চার্জের সংরক্ষণশীলতা মেনে চলে কিনা— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত মহাকাশযানটির গতিশীল দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত মহাকাশযানটির আপেক্ষিক তত্ত্ব এবং নিউটনীয় বলবিদ্যা অনুসারে গতিশক্তি গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করো। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এনট্রপি বলে।

খ কির্শফের সূত্র অনুসারে কোন বর্তনীর যে কোনো বিন্দু দিয়ে কোন নির্দিষ্ট সময়ে আগত ও নির্গত মোট প্রবাহের যোগফল শূন্য, যেহেতু একই সময়ে প্রবাহের হিসাব করা হয়, তাই ঐ বিন্দুতে আগত ও প্রস্থানকৃত মোট চার্জের যোগফলও শূন্য হবে। অর্থাৎ, ঐ বিন্দুতে যে পরিমাণ চার্জ প্রবেশ করে, ঠিক সেই পরিমাণ চার্জ প্রস্থান করে। অতএব, বর্তনীতে কোনো অতিরিক্ত চার্জ সৃষ্টি বা কোনো চার্জের বিলোপ ঘটে না। তাই বলা যায় যে, কির্শফের প্রথম সূত্র চার্জের সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 120 m।

ঘ ৫৭ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্রাপ্ত গতিশক্তি, $E = 5.76 \times 10^{20}\text{J}$

আপেক্ষিক তত্ত্বানুসারে প্রাপ্ত গতিশক্তি $E' = 1.2 \times 10^{21}\text{J}$

যেহেতু, $E \neq E'$

সুতরাং নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্রাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে প্রাপ্ত গতিশক্তি এক নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

সোডিয়াম ধাতুর কার্যাপেক্ষক 1.8 eV। এর উপর 5000A তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হলো।

ক. আলোক তরঙ্গের সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. আলো অনুপ্রস্থ তরঙ্গ প্রমাণ করো। ২

গ. নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. নির্গত ইলেকট্রনের নিবৃত্তি বিভব নির্ণয় করো। যদি আপতিত আলোর তীব্রতা দ্বিগুণ করা হয় তবে নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি কত হবে? ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গাকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোক তরঙ্গের সমবর্তন বলে।

খ সমবর্তন পরীক্ষায় আলো কে একটি পোল্যারাইজিং ফিল্টারের মাধ্যমে নির্দিষ্ট কম্পন সমতলে সীমাবদ্ধ করা যায়। অন্য একটি ফিল্টার নিয়ে প্রথমটির সাথে 90° কোণে ঘুরালে আলোর তীব্রতা সম্পূর্ণ শূন্য হয়। যেহেতু কেবলমাত্র অনুপ্রস্থ তরঙ্গের সমবর্তন ঘটতে পারে, তাই এটি প্রমাণ করে যে, আলো একটি অনুপ্রস্থ তরঙ্গ।

গ ১৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $4.91 \times 10^5\ \text{ms}^{-1}$।

ঘ আমরা জানি,

আপতিত আলোর মোট শক্তি,

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}}$$
$$= 3.978 \times 10^{-19}\ \text{J}$$
$$= \frac{3.978 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}\ \text{eV}$$
$$= 2.48\ \text{eV}$$

এখানে,
ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $\phi = 1.8\ \text{eV}$
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000\ \text{Å} = 5000 \times 10^{-10}\ \text{m}$
প্ল্যাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}\ \text{Js}$
ইলেকট্রনের আধান, $e = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ \text{ms}^{-1}$

আবার, ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি K_{max} হলে,

$$E = \phi + K_{max}$$
$$= 2.486 = 1.8 + K_{max}$$
$$\text{বা, } K_{max} = 0.686\ \text{eV}$$

আবার, নিবৃত্তি বিভব V_0 হলে,

$$K_{max} = eV_0$$
$$V_0 = \frac{0.686\ \text{eV}}{e} = 0.686\ \text{V}$$

আলোর তীব্রতা দ্বিগুণ করা হলে ফোটনের সংখ্যা দ্বিগুণ হবে। কিন্তু প্রতিটি ফোটনের শক্তি একই থাকবে।

অতএব, নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তির পরিবর্তন হবে না। নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি 0.686 eV হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

কোনো অজ্ঞাত ধাতুর আলোক তড়িৎ সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 2300Å ধাতু পৃষ্ঠে 1800Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরণ ফেললে নিঃসৃত ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি 1.495 eV হয়।

ক. বন্ধন শক্তি কাকে বলে? ১

খ. প্রোটন ধনাত্মক চার্জধর্মী হওয়া সত্ত্বেও প্রোটন-প্রোটন বিকর্ষণ করে নিউক্লিয়াস থেকে বেরিয়ে আসে না কেন? ২

গ. অজ্ঞাত ধাতুটির কার্যাপেক্ষক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে প্লাংক ধ্রুবকের মান ($h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js) নির্ণয় করা সম্ভব কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি বলে।

খ স্বল্প পাল্লার শক্তিশালী সবল নিউক্লিও বলের প্রভাবে প্রোটনসমূহ নিউক্লিয়াস থেকে বের হয়ে আসে না। প্রোটন ধনাত্মক চার্জযুক্ত হওয়ায় প্রোটনসমূহের মধ্যে দীর্ঘ পাল্লার অপেক্ষাকৃত কম শক্তিশালী তড়িৎ বল ক্রিয়া করে। কিন্তু নিউক্লিয়াসে নিউক্লিয়নগুলো (প্রোটন, নিউট্রন) খুব কাছাকাছি অবস্থান করায় সবল নিউক্লিয় বল ক্রিয়াশীল হয় এবং প্রোটন-প্রোটন বিকর্ষণ সত্ত্বেও তারা নিউক্লিয়াস থেকে বের হয়ে আসে না।

গ ৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 8.64×10^{-19} J।

ঘ আমরা জানি,

$$hf = K_{max} + \phi$$

বা, $$\frac{hc}{\lambda} = K_{max} + \frac{hc}{\lambda_0}$$

বা, $$hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) = K_{max}$$

বা, $$h = \frac{K_{max}}{c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)}$$

$$= \frac{1.495 \times 1.6 \times 10^{-19}}{3 \times 10^8\left(\frac{1}{1800 \times 10^{-10}} - \frac{1}{2300 \times 10^{-10}}\right)}$$

$$= 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

এখানে,

ধাতুর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_0 = 2300$ Å $= 2300 \times 10^{-10}$ m

ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = 1.495$ eV $= 1.495 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 1800$ Å $= 1800 \times 10^{-10}$ m

অতএব দেখা যাচ্ছে যে, উদ্দীপকের সাহায্যে প্লাংক ধ্রুবকের মান, h নির্ণয় করা সম্ভব এবং সেই মান হলো 6.6×10^{-34} J.s।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ২

তমাল পটাসিয়াম ধাতুর পাতে 4.5×10^{-7} m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করে ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষা পরিচালনা করছে। সে নিবৃত্তি বিভব পেলো 1.5 V। পরবর্তীতে 5.5×10^{-7} m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সবুজ আলো ব্যবহার করে। [ইলেকট্রনের ভর $= 9.1 \times 10^{-31}$ kg; ইলেকট্রনের চার্জ $= 1.6 \times 10^{-19}$C; $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js।

ক. সূচন কম্পাংক কী? ১

খ. কোনো বস্তু কেন আলোর বেগে চলতে পারেনা– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সবুজ আলো ব্যবহার করায় ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে কিনা?– বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো উক্ত ধাতুর ওপর ফেলা হলে ঐ ধাতু থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্কই হলো ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক।

খ ভরের আপেক্ষিকতা সূত্রানুসারে, $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$। এখন, কোনো বস্তুর বেগ, v = c অর্থাৎ, আলোর বেগের সমান হলে, গতিশীল অবস্থার ভর, $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_o}{0} =$ অসীম হয়। যা সম্ভব নয়। সুতরাং, কোনো বস্তু আলোর বেগে চলতে পারেনা।

গ ২০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ সরকারি তোলারাম কলেজ, নারায়ণগঞ্জ ▌প্রশ্ন নং ২

একজন মহাশূন্যচারী 25 বছর বয়সে 1.8×10^8 m/sec বেগে গতিশীল একটি মহাশূন্যযানে চড়ে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন। পৃথিবীর হিসাবে তিনি 30 বছর মহাকাশে কাটিয়ে ভূপৃষ্ঠে ফিরে এলেন। পৃথিবীতে মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য ছিল 80 মিটার।

ক. ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়া কী? ১

খ. প্লাটিনামের সূচন কম্পাংক 15.25×10^{14} Hz বলতে কি বোঝ? ২

গ. পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের উল্লেখিত মহাশূন্যচারী ভূপৃষ্ঠে ফিরে এসে 45 তম জন্মদিন পালন করবে-এ কথা সঠিকতা যাচাই করো। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাই হলো ফটোইলেকট্রিক ক্রিয়া।

খ প্লাটিনামের সূচন কম্পাঙ্ক 15.25×10^{14} Hz বলতে বোঝায়, প্লাটিনামের ক্ষেত্রে 15.25×10^{14} Hz এর চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলো ঐ ধাতুর উপর আপতিত হলে প্লাটিনাম থেকে কোন ফটো ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 64 মিটার।

ঘ ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: না, পৃথিবীতে ফিরে আসার পর মহাশূন্যচারীর বয়স হবে 49 বছর। তাই তিনি 45 তম জন্মদিন পালন করতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▌প্রশ্ন নং ৪

মানব জাতিকে বাঁচানোর উদ্দেশ্যে নাসার বিজ্ঞানী কুপার 2067 সালে 300 মিটার দৈর্ঘ্যের মহাকাশযানে যাত্রা করে। তার মেয়ে মারফির সাথে তার বয়সের পার্থক্য 30 বছর। মহাকাশযানের বেগ 0.8c [$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}]

ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কী? ১

খ. রেডনের অর্ধায়ু 3.82 d বলতে কী বোঝায়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মহাকাশযানের গতিশীল দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কুপার কত সালে ফিরলে মেয়ে মারফির বয়সের সমান হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

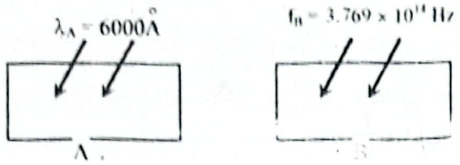
ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায়, সেগুলোই হলো জড় প্রসঙ্গ কাঠামো।

খ রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে বোঝায় নির্দিষ্ট সংখ্যক রেডন পরমাণু ভেঙে ঠিক অর্ধেক হতে সময় লাগে 3.82 দিন। আরো 3.82 দিন পর তা ভেঙে হয় এক-চতুর্থাংশ।

গ ৪ (গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 180 m।

ঘ ৬০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2142 সালে ফিরলে মেয়ে মারফির বয়সের সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▌প্রশ্ন নং ৭



চিত্রে A ও B দুটি ধাতব পাত। পাত দুটির কার্যাপেক্ষক W_A এবং W_B যাদের মান যথাক্রমে 2 eV এবং 1.8 eV।

ক. ভর ত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. কোন বস্তুই আলোর দ্রুতিতে চলতে পারে না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A ধাতব পাতের সূচন কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের A ও B উভয় পাতে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হবে কিনা– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা সূত্রানুসারে $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হলে অর্থাৎ, $v = c$ হলে $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ বা, $m = \frac{m_0}{0}$ = অসীম।

কিন্তু বাস্তবে ভর অসীম হওয়া সম্ভব নয়। অর্থাৎ কোনো বস্তু আলোর বেগে চলতে পারে না।

গ ৪৭(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 4.83×10^{14} Hz।

ঘ 'গ' হতে পাই, A ধাতুর সূচন কম্পাংক, $f_o = 4.83 \times 10^{14}$ Hz।

A ধাতুর উপর আপতিত আলোর কম্পাংক,

$$f_A = \frac{c}{\lambda_A} = \frac{3 \times 10^8}{6000 \times 10^{-10}}$$
$$= 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

এখানে, $f_A > f_o$

সুতরাং A ধাতব পাতে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হবে।

এখানে,
প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
B ধাতুর কার্যাপেক্ষক $W_B = 1.8$ eV
B ধাতুর উপর আপতিত আলোর কম্পাংক, $f_B = 3.769 \times 10^{14}$ Hz
A ধাতুর আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_A = 6000$ Å
$= 6000 \times 10^{-10}$ m
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^{-10}$ ms^{-1}

B ধাতুর সূচন কম্পাংক f_o' হলে,

$$W_B = hf_o$$
$$1.8 \times 1.6 \times 10^{-19} = 6.63 \times 10^{-34} f_o'$$
$$\text{বা, } f_o' = \frac{1.8 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 4.34 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

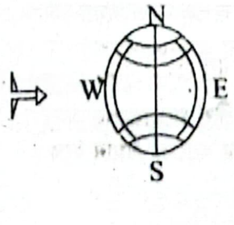
এখানে, $f_B < f_o'$

∴ B ধাতুর পৃষ্ঠ থেকে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া হবে না।

সুতরাং, উদ্দীপকের A ধাতব পাতে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সংগঠিত হলেও B ধাতব পাতে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭০ নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৫

একটি মহাকাশযান 0.92 c বেগে পৃথিবীর দিকে অগ্রসর হচ্ছে।



ক. লরেঞ্জ রূপান্তর কাকে বলে? ১

খ. আপেক্ষিকতার বিশেষতত্ত্বের স্বীকার্য দুটি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মহাকাশযানের যাত্রীর কাছে পৃথিবীর আহ্নিক গতির আবর্তনকাল কত হবে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. মহাকাশযানের যাত্রীর নিকটে পৃথিবীর আকার কেমন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে রূপান্তর সূত্র প্রয়োগে তড়িৎ চুম্বকীয় সমীকরণ এক জড় কাঠামো থেকে অন্য কাঠামোতে নিলে অভিন্নরূপে প্রকাশিত হয় তাই লরেন্টজ রূপান্তর।

খ বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্য দুটি নিম্নরূপ :

১. পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে ধাবমান সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে অর্থাৎ জড় প্রসঙ্গ কাঠামোগুলোতে পদার্থবিজ্ঞানের যেকোনো সূত্র একই রকম সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

২. শূন্যস্থানে বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধ্রুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

গ আমরা জানি,

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$
$$\text{বা, } T_0 = T\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$
$$= 24\sqrt{1-\left(\frac{0.92c}{c}\right)^2}$$
$$= 24\sqrt{1-(0.92^2)}$$
$$= 9.406 \text{ hr}$$

এখানে,
মহাকাশযানের বেগ, $v = 0.92$ c
পৃথিবীর আহ্নিক গতির আবর্তনকাল, $T = 24$ hr
মহাকাশযানের যাত্রীর নিকট পৃথিবীর আহ্নিক গতির আবর্তনকাল, $T_0 = ?$

অর্থাৎ মহাকাশযানের যাত্রীর নিকট পৃথিবীর আহ্নিক গতির আবর্তন কাল 9.406 hr মনে হবে। **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের দেখা যাচ্ছে, মহাকাশযানটি পৃথিবীর পশ্চিম পূর্ব বরাবর অগ্রসর হচ্ছে। অতএব

$$D = D_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$
$$\text{বা, } D = 12800\sqrt{1-\left(\frac{0.92c}{c}\right)^2}$$
$$\text{বা, } D = 5016.5 \text{ km}$$

এখানে,
মহাকাশযানের বেগ, $v = 0.92$ c
পৃথিবীর ব্যাস, $D_0 = 12800$ km
মহাকাশযানের যাত্রীর নিকট পৃথিবীর ব্যাস, $D = ?$

সুতরাং, যাত্রীর নিকট পশ্চিম-পূর্ব বরাবর পৃথিবীকে চাপা বা সংকুচিত মনে হবে। কিন্তু উত্তর-দক্ষিণ বরাবর ব্যাসের কোন পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭১ নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৬

কোনো ধাতব পৃষ্ঠে 1.423×10^{15} Hz কম্পাঙ্কের আলোকরশ্মি আপতিত হলো এবং ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হলো। উক্ত ধাতুর আলোক তড়িৎ ক্রিয়া 6×10^{14} Hz কম্পাঙ্কের আলোকরশ্মি দ্বারা সূচিত হয়। ইলেকট্রন নিঃসরিত হওয়া মাত্র 3.5V দ্বারা ইলেকট্রনগুলোকে প্রতিকূল তড়িৎক্ষেত্রের সম্মুখীন করা হলো। ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

ক. বস্তু তরঙ্গ কাকে বলে? ১

খ. হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তার নীতি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ধাতুর কার্যাপেক্ষক কত ইলেকট্রন ভোল্ট? ৩

ঘ. নিঃসৃত ইলেকট্রনগুলো প্রবাহ সৃষ্টি করতে পারবে কি না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিজ্ঞানী দ্য ব্রগলি আবিষ্কার করেন যে, কোন গতিশীল কণার সাথে একটা তরঙ্গ সংশ্লিষ্ট থাকে। এ তরঙ্গকে বলা হয় দ্য ব্রগলি তরঙ্গ বা বস্তু তরঙ্গ।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চিয়তা নীতিটি হলো– একই সময়ে কোনো কণার অবস্থান ও ভরবেগে নির্ণয়ের অনিশ্চয়তার গুণফল কখনোই প্লাঙ্কের ধ্রুবক অপেক্ষা ছোট হতে পারে না।

কোনো নির্দিষ্ট দিকে কোনো নির্দিষ্ট সময়ে কোনো কণার অবস্থানের অনিশ্চয়তা Δx এবং ভরবেগের অনশ্চিয়তা Δp হলে, অনিশ্চয়তার নীতি অনুসারে, $\Delta x.\Delta p \geq \hbar$

পরবর্তীকালে এই নীতির গাণিতিক প্রকাশকে সংশোধন করে লেখা হয়,

$$\Delta x.\Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

এখানে, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ = হ্রাসকৃত প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক। $\hbar$ এর মান $= 1.055 \times 10^{-34}$ Js।

গ আমরা জানি,

কার্যাপেক্ষক,

$$\phi = hf_0$$
$$= 6.63 \times 10^{-34} \times 6 \times 10^{14}$$
$$= 3.978 \times 10^{-19}\ \text{J}$$
$$= \frac{3.978 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}\ \text{eV}$$
$$= 2.486\ \text{eV}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
উদ্দীপক হতে ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক,
$f_0 = 6 \times 10^{14}$ Hz
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

ঘ

নিবৃত্তি বিভব V_s হলে,

$$hf = eV_s + hf_0$$
$$\text{বা, } eV_s = hf - hf_0$$
$$\text{বা, } V_s = \frac{hf - hf_0}{e}$$
$$\text{বা, } V_s = \frac{h}{e}(f - f_0)$$
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.6 \times 10^{-19}}(1.423 \times 10^{15} - 6 \times 10^{14})$$
$$= 3.41\text{V}$$

এখানে,
আপতিত আলোর কম্পাঙ্ক,
$f = 1.423 \times 10^{15}$Hz
সূচন কম্পাঙ্ক,
$f_0 = 6 \times 10^{14}$Hz
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$Js
$e = 1.6 \times 10^{-19}$C

দেওয়া আছে, প্রদত্ত বিভব $V = 3.5$V

দেখা যাচ্ছে, $V_s < V$

সুতরাং বলা যায়, পরবর্তী ঘটনায় ইলেকট্রনগুলোকে নিবৃত্তি বিভবের বেশি ভোল্টেজ দিয়ে প্রতিকূল পরিস্থিতি তৈরী করায় ইলেকট্রন গুলো প্রবাহ সৃষ্টি করতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶৭২ সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর ▌প্রশ্ন নং ৬

350 আলোকবর্ষ দূরে একটি গ্রহে বসবাসের জন্য 45 বছর বয়সী একটি কচ্ছপকে 0.7c বেগের নভোযানে পাঠানো হলো। চলন্ত অবস্থায় কচ্ছপের ভর 42 kg এবং গড় আয়ু 402 বছর (1 আলোকবর্ষ $= 9.46 \times 10^{15}$ m)

ক. নিবৃত্তি বিভব কী? ১
খ. কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না-ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কচ্ছপটির স্থির ভর কত? ৩
ঘ. কচ্ছপটি জীবিত অবস্থায় উক্ত গ্রহে পৌছাতে সক্ষম হবে কীনা- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবই হলো নিবৃত্তি বিভব।

খ ভরের আপেক্ষিকতা সমীকরণ থেকে আমরা জানি,

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$। কোন বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হলে, $v = c$

এখন, ভর $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 1}} = \frac{m_0}{0} = \infty$ হয়, যা অসম্ভব।

কারণ, বাস্তবে বস্তুর ভর অসীম হতে পারে না। তাই কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না।

গ

আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$
$$\text{বা, } m_0 = m\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$
$$\text{বা, } m_0 = 42\sqrt{1 - \left(\frac{0.7c}{c}\right)^2}$$
$$\therefore m_0 = 30\ \text{kg}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
নভোযানের বেগ, $v = 0.7$ c
কচ্ছপের গতিশীল ভর, $m = 42$ kg
কচ্ছপটির স্থির ভর, $m_0 = ?$

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: উক্ত গ্রহে পৌছানোর সময় কচ্ছপের বয়স হবে 402.04 বছর যা এর গড় আয়ুর চেয়ে বেশি। তাই কচ্ছপটি জীবিত অবস্থায় উক্ত গ্রহে পৌছাতে সক্ষম হবে না।

প্রশ্ন ▶৭৩ রাজশাহী কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

1.5×10^{15} Hz কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি কোন ধাতব পাতের উপর আপতিত হলে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হয়। উক্ত ধাতব পদার্থের সূচন কম্পাঙ্ক 5×10^{14} Hz। ইলেকট্রন নিঃসৃত হওয়া শুরু হলে নিবৃত্তি বিভব প্রয়োগের জন্য 2V বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হলো। ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ Joul sec, $e = 1.6 \times 10^{-19}$C, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কাকে বলে? ১
খ. সকল কম্পাঙ্কের আলোর জন্য ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হয় না কেন? ২
গ. ধাতব পাতটির কার্যাপেক্ষক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার উৎপন্ন ইলেকট্রনগুলো প্রবাহ সৃষ্টি করতে পারে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো উক্ত ধাতুর ওপর ফেলা হলে ঐ ধাতু থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ যে কোনো কম্পাঙ্কের আলো ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সৃষ্টি হতে পারে না। আলো বা যেকোনো তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের শক্তি এর কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক। ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয়ে ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে হলে সংশ্লিষ্ট আলো বা বিকিরণের ন্যূনতম একটি কম্পাঙ্ক বা শক্তি থাকতে হবে। এই কম্পাঙ্ককে সূচন কম্পাঙ্ক বলে। এর চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট ফোটন আপতিত হলে কোনো ইলেকট্রনই অবমুক্ত হবে না। আর এর চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের ফোটন আপতিত হলে অতিরিক্ত শক্তি মুক্ত ইলেকট্রনের গতিশক্তি হিসেবে দেখা দিবে।

গ ৭১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** 2.07 eV।

ঘ ৭১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর :** নিবৃত্তি বিভবের মান 4.14V। সুতরাং ফটোপ্রবাহ পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৪ সিটি রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, দিনাজপুর ▮ প্রশ্ন নং ৬

কামালের ভর 55kg এবং বয়স 40 বছর। সে $2.4 \times 10^8\ ms^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যযানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেল। তার যমজ ভাই নাফিস এর বয়স যখন ৪0 বছর হলো তখন সে পৃথিবীতে ফিরে এলো।

ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. কোন বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের অনুসারে মহাশূন্যস্থানে কামালের ভর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে দুই ভাই এর বর্তমান বয়স সমান থাকবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

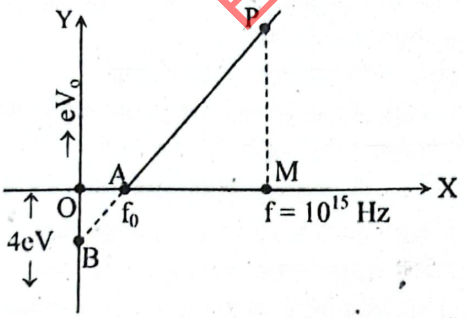
খ কোন বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না। আপেক্ষিকতার সূত্র থেকে আমরা এর সত্যতা জানতে পারি। আপেক্ষিকতার অনুসারে আলোর কাছাকাছি বেগে গতিশীল কোন বস্তুর ভর, $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

যেখানে m_0 হলো নিশ্চল ভর। সমীকরণে $v = c$ হলে $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-1}} = \infty$ অর্থাৎ বস্তুর ভর অসীম হয়ে পড়ে। যা বাস্তবে সম্ভব নয়। অর্থাৎ কোন বস্তু আলোর বেগের সমান বেগে গতিশীল হতে পারে না।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 91.67 kg

ঘ ২৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** না। কামালের বর্তমান বয়স হবে (40 + 24) বা 64 বছর। অন্যদিকে তার যমজ ভাই নাফিসের বয়স 80 বছরই। অতএব তাদের বয়স সমান থাকবে না।

প্রশ্ন ▸ ৭৫ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর ▮ প্রশ্ন নং ৪



চিত্র: ফোটনের কম্পাঙ্ক বনাম ফটো ইলেকট্রনের গতিশক্তির লেখচিত্র।

ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১

খ. কম বেগের জন্য লরেন্টজ রূপান্তর সমীকরণ গ্যালিলিও রূপান্তরে পরিণত হয় কীভাবে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপক হতে f_0 এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত কম্পাঙ্কের একটি ফটো ইলেকট্রন প্রতি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ কত মিটার দূরত্ব অতিক্রম করবে তার গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন কাঠামোতে স্থির পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ কাঠামোতে সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান অপেক্ষা ঐ কাঠামোর সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল কোন পর্যবেক্ষকের নিকট ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান বেশি হয়। এঘটনাকেই কাল দীর্ঘায়ন বা সময় প্রসারণ বলে।

খ আমরা জানি, লরেন্টজ রূপান্তরের গাণিতিক সমীকরণ গুলো হলো—

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};\ y' = y;\ z' = z$$

এবং $t' = \dfrac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

যখন গতিশীল বস্তুর বেগ আলোর বেগের তুলনায় খুবই ক্ষুদ্র হয় সে ক্ষেত্রে।

যখন $v << c$ তখন $\dfrac{v}{c} \approx 0$

এবং লরেন্টজ রূপান্তরের সমীকরণগুলো দাঁড়ায়

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$$

এবং $y' = y$ ও $z' = z$ ও $t' = t$

যা গ্যালিলীয় রূপান্তরের সমীকরণকে নির্দেশ করে।

গ আমরা জানি,

$\phi = hf_o$

বা, $f_o = \dfrac{\phi}{h}$

$= \dfrac{4eV}{6.63 \times 10^{-34}}$

$= \dfrac{4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$

$= 9.653 \times 10^{14}$ Hz **(Ans.)**

এখানে,
প্ল্যাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
ইলেকট্রনের আধান, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
কার্যাপেক্ষক, $\phi = 4eV$
সূচন কম্পাঙ্ক, $f_o = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই, সূচন কম্পাংক, $f_o = 9.653 \times 10^{14}$ Hz

আমরা জানি,

$hf = hf_o + \dfrac{1}{2} mv^2_{max}$

বা, $\dfrac{1}{2} mv^2_{max} = h(f - f_o)$

বা, $v_{max} = \sqrt{\dfrac{2h(f - f_o)}{m}}$

$= \sqrt{\dfrac{2 \times 6.63 \times 10^{-34}(10^{15} - 9.653 \times 10^{14})}{9.11 \times 10^{-31}}}$

$= 2.247 \times 10^5\ ms^{-1}$

এখানে,
প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
আপতিত আলোর কম্পাংক, $f = 10^{15}$ Hz
ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg
সময়, $t = 1s$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = v_{max} \times t = 2.247 \times 10^5 \times 1$
$= 2.247 \times 10^5$ m

সুতরাং উদ্দীপকে উল্লিখিত কম্পাঙ্কের একটি ফটো ইলেকট্রন প্রতি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ 2.247×10^5m দূরত্ব অতিক্রম করবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৬ চট্টগ্রাম কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৮

$2.4 \times 10^8\ ms^{-1}$ বেগে চলমান একটি প্রোটনের স্থির ভর 1.67×10^{-27} kg. আলোর বেগ $3 \times 10^8\ ms^{-1}$

ক. ফটোইলেকট্রন কী? ১

খ. গতিশীল ফোটনের ভর নির্ণয় করা যায় না— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রোটনটির আপেক্ষিক ভর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রোটনটির আপেক্ষিক ভর এর স্থির ভরের দ্বিগুণ হলে শক্তির পরিবর্তন— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৭৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ায় ধাতব পাত হতে নির্গত ইলেকট্রনই হলো ফটো ইলেকট্রন।

খ ফোটনের স্থির ভর শূন্য এবং ফোটনের বেগ c বলে এর গতিশীল ভর–

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{0}{0},$$ যা অসংজ্ঞায়িত।

তাই, গতিশীল ফোটনের ভর নির্ণয় করা যায় না।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 2.78×10^{-27} kg।

ঘ 'গ' হতে পাই, প্রোটনটির গতিশীল ভর, $m = 2.78 \times 10^{-27}$ kg

১ম ক্ষেত্রে, প্রোটনটির মোট শক্তি

$$E = mc^2$$
$$= 2.78 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$
$$= 2.502 \times 10^{-10}\ \text{J}$$

এখানে,
প্রোটনটির নিশ্চল ভর,
$m_0 = 1.67 \times 10^{-27}$ kg
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ \text{ms}^{-1}$

২য় ক্ষেত্রে,
প্রোটনটির আপেক্ষিক ভর m′ হলে,

$$m' = 2\,m_0$$
$$= 2 \times 1.67 \times 10^{-27}$$
$$= 3.34 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

সুতরাং এক্ষেত্রে মোট শক্তি, $E' = m'c^2$

$$= 3.34 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$
$$= 3.006 \times 10^{-10}\ \text{J}$$

সুতরাং প্রোটনটির শক্তির পরিবর্তন,

$$\Delta E = E' - E$$
$$= 3.006 \times 10^{-10} - 2.502 \times 10^{-10}$$
$$= 5.04 \times 10^{-11}\ \text{J}$$

সুতরাং প্রোটনটির আপেকক্ষিক ভর এর স্থির ভিরের দ্বিগুণ হলে শক্তির পরিবর্তন হবে 5.04×10^{-11} J।

প্রশ্ন ▶ ৭৭ চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৫

করিমের ভর 60kg এবং বয়স 35 বছর। সে $2.4 \times 10^8\ \text{ms}^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যযানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেল। তার যমজ ভাই আরিফের বয়স যখন 60 বছর হলো তখন সে পৃথিবীতে ফিরে এলো।

ক. হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি বিবৃত করো। ১
খ. নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় ক্যাডমিয়াম দণ্ড ব্যবহার করা হয় কেন? — ব্যাখ্যা করো। ২
গ. মহাশূন্যযানে করিমের শক্তি কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকে দুই ভাইয়ের বর্তমান বয়স সমান থাকবে কি না? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করে মতামত দাও। ৪

৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন গতিশীল বস্তুকণার অবস্থান এবং ভরবেগ উভয়ই- যুগপৎভাবে সঠিকভাবে পরিমাপ করা সম্ভব নয়।

খ নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় ক্যাডমিয়াম দণ্ড ব্যবহার করা হয় বিক্রিয়ার গতি মন্থর করার জন্য। প্রতিটি ফিশন বিক্রিয়ায় তিনটি করে নিউট্রন অবমুক্ত হয়। ক্যাডমিয়াম দণ্ডের কাজ হলো বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নিউট্রন শোষণ করা এবং বিক্রিয়ার গতি হ্রাস করা। ফলে নিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়া ঘটানো সম্ভব।

গ ২৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 9×10^{18} J।

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** আরিফের বয়স যখন 60 বছর তখন করিমের বয়স হবে 50 বছর। তাই দুই ভাইয়ের বর্তমান বয়স সমান থাকবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭৮ চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৬

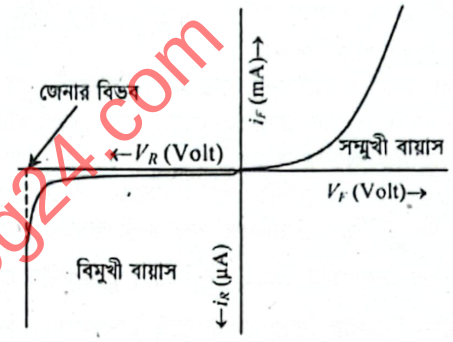
পটাশিয়াম ধাতুর সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 4400A এর উপর 1.5×10^{15}Hz কম্পাঙ্কের অতি বেগুনী রশ্মি ফেলা হলো।

ক. এক বেকেরেল এর সংজ্ঞা লিখ। ১
খ. ডায়োডের I-V বৈশিষ্ট্য লেখ ও এঁকে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক eV এককে নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ক্ষেত্রে ধাতুতে ইলেকট্রন নিঃসরণ বন্ধ করার জন্য কী ব্যবস্থা নিতে হবে তা নির্ণয় করো। ৪

৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তেজস্ক্রিয় বস্তুর প্রতি সেকেন্ড একটি পরমাণুর তেজিস্ক্রয় ভাঙন বা ক্ষয়কে এক বেকেরেল বলে।

খ ডায়োডের ক্ষেত্রে সাধারণত শুধুমাত্র সম্মুখ বায়াসে তড়িৎপ্রবাহ হয় এবং ডায়োডের cut in voltage অতিক্রম করার পর ধীরে ধীরে তড়িৎ প্রবাহ বিভবপার্থক্য বৃদ্ধির সাথে সাথে বাড়তে থাকে। আবার ডায়োডের বিমুখী ঝোঁকে বিভব পার্থক্য প্রয়োগে কোনো তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় না।



লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, সম্মুখী বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ বিমুখী. বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ অপেক্ষা অনেক বেশি এবং সম্মুখী বায়াসে অল্প বিভব পার্থক্য বৃদ্ধিতে তড়িৎ প্রবাহের বৃদ্ধি অনেক বেশি হয় কিন্তু বিমুখী বায়াসের ক্ষেত্রে বিভব পার্থক্যের বৃদ্ধিতে প্রবাহের তেমন বৃদ্ধি হয় না। তবে বিমুখী বায়াসে বিভব ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকলে, এক সময় দেখা যায় তড়িৎ প্রবাহ হঠাৎ করে উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পায়। এ অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ অনেক বৃদ্ধি করা হলেও ডায়োডের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। জংশনের বিভব বাধা ভেঙ্গে যাওয়া বা বিলুপ্ত হওয়ার কারণে এরূপ ঘটে। এ ঘটনা বিজ্ঞানী জেনার (Zener) ১৯৩৪ সালে প্রথম প্রত্যক্ষ করেন বলে একে ডায়োডের জেনার ক্রিয়া (Zener effect) বলে। বিমুখী বায়াসের যে বিভবের জন্য জংশনের বিভব প্রাচীর ভেঙ্গে যায় তাকে ভাঙ্গান বিভব (breakdown voltage) বা জেনার বিভব (Zener voltage) বলে।

গ পটাশিয়াম ধাতুর কার্যাপেক্ষক ϕ হলে,

$$\phi = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4400 \times 10^{-10}}$$
$$= 4.52 \times 10^{-19}\ \text{J}$$
$$= \frac{4.52 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}\ \text{eV}$$
$$= 2.825\ \text{eV}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
পটাশিয়াম ধাতুর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda_0 = 4400\ \text{Å} = 4400 \times 10^{-10}$ m
ইলেকট্রনের আধানের মান,
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
প্ল্যাংকের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ \text{ms}^{-1}$

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 3.39$ V। তাই, উদ্দীপকের ক্ষেত্রে ধাতু থেকে ইলেকট্রনের নিঃসরণ বন্ধ করার জন্য 3.39 V নিবৃত্তি বিভব প্রয়োগ করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭৯ **সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৫**

একজন বিজ্ঞানী একটি ল্যাবে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া পর্যবেক্ষণ করছিলেন। তিনি একটি ধাতব পাতের উপর নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করে নিবৃত্ত বিভব পেলেন 1.6V। পরবর্তীতে ওই একই ধাতব পাতের উপর পূর্বের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করলেন এবং নিবৃত্ত বিভব পেলেন 4.8V। আবার তিনি পর্যবেক্ষণ করলেন একটি প্রোটন এবং একটি ইলেক্ট্রন এর ডি-ব্রগলি তরঙ্গ দৈর্ঘ্য একই। প্রোটন এবং ইলেক্ট্রন এর ভর যথাক্রমে 1.67×10^{-27} kg এবং 9.11×10^{-31} kg; প্লাঙ্কের ধ্রুবক 6.63×10^{-34}Js। (সংশোধিত)

ক. এনট্রপি পরিবেশের কোন বিষয়টি পরিমাপ করে? ১

খ. সমোষ্ণ এবং রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার মধ্যে কোন প্রক্রিয়ার ঢাল বেশি খাড়া— গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে প্রোটন ও ইলেক্ট্রনের বেগের তুলনা করো। ৩

ঘ. উভয়ক্ষেত্রে ধাতব পাতের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের দ্বিগুণ হবে কী না?— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও। ৪

৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবেশে নানান তাপীয় পরিবর্তনের ফলস্বরূপ পরিবেশের বিশৃঙ্খলার পরিমাণও ক্রমাগত বৃদ্ধি পাচ্ছে। এন্ট্রপি পরিবেশের এই বিশৃঙ্খলার পরিবর্তন পরিমাপ করে।

খ রুদ্ধতাপীয় রেখা ও সমোষ্ণ রেখার মধ্যে রুদ্ধতাপীয় রেখাটি বেশি খাড়া। আমরা জানি, একটি রেখা কত খাড়া সেটি বোঝা যায় রেখাটির ঢাল তথা অনুভূমিক অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ দ্বারা। যে রেখা যত বেশি খাড়া তার ঢাল তত বেশি। PV লেখচিত্রের কোনো বিন্দুতে ঢাল পরিমাপ করা হয় ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক X অক্ষের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার ট্যানজেন্ট অর্থাৎ, $\frac{dP}{dV}$ দ্বারা। রুদ্ধতাপীয় রেখার $\frac{dP}{dV}$ এর মান সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি তাই রুদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি খাড়া।

গ আমরা জানি,

ডি ব্রগলির বস্তু তরঙ্গ,

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

যেহেতু, প্রোটন ও ইলেক্ট্রনের ডি ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য একই, সুতরাং,

$$\lambda = \frac{h}{m_1v_1} = \frac{h}{m_2v_2}$$

বা, $\frac{h}{m_1v_1} = \frac{h}{m_2v_2}$

বা, $v_2 = \frac{m_1}{m_2}v_1 = \frac{1.67 \times 10^{-27}}{9.1 \times 10^{-31}}v_1$

$\therefore v_2 = 1.84 \times 10^3 v_1$

এখানে,
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
প্রোটনের ভর,
$m_1 = 1.67 \times 10^{-27}$ kg
ইলেকট্রনের ভর,
$m_2 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
প্রোটনের বেগ = v_1
ইলেকট্রনের বেগ = v_2
ডি ব্রগলির তরঙ্গদৈর্ঘ্য = λ

সুতরাং, ইলেকট্রনের বেগ প্রোটনের বেগের তুলনায় 1.84×10^3 গুণ বেশি। **(Ans.)**

ঘ

আমরা জানি,

$eV_0 = h\nu - h\nu_0$

প্রথম ক্ষেত্রে,

$eV_1 = h\nu_1 - h\nu_0$

বা, $h\nu_0 = h\nu_1 - eV_1$

বা, $W_0 = \frac{hc}{\lambda_1} - eV_1$

বা, $W_0 = \frac{hc}{\lambda_1} - 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6$

$\therefore W_0 = \frac{hc}{\lambda_1} - 2.56 \times 10^{-19}$ .... (1)

এখানে,
প্রথম ক্ষেত্রে, আপতিত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য = λ_1
প্রথম ক্ষেত্রে নিবৃত্ত বিভব,
$V_1 = 1.6$ V
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আপতিত তরঙ্গ
$\lambda = \frac{\lambda_1}{2}$
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে নিবৃত্ত বিভব,
$V_2 = 4.8$ V
ইলেকট্রনের চার্জ,
$e = 1.6 \times 10^{-19}$C
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
সূচন তরঙ্গ = λ_0
কার্য অপেক্ষক = W_0

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,

$eV_2 = h\nu_2 - h\nu_0$

বা, $h\nu_0 = h\nu_2 - eV_2$

বা, $W_0 = \frac{hc}{\lambda_2} - eV_2 = \frac{hc}{\frac{\lambda_1}{2}} - eV_2$

বা, $W_0 = \frac{2hc}{\lambda_1} - eV_2$

$\therefore W_0 = \frac{2hc}{\lambda_1} - 7.68 \times 10^{-19}$.... (2)

(1) ও (2) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$\frac{hc}{\lambda_1} - 2.56 \times 10^{-19} = \frac{2hc}{\lambda_1} - 7.68 \times 10^{-19}$

বা, $\frac{2hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_1} = 7.68 \times 10^{-19} - 2.56 \times 10^{-19}$

বা, $\frac{hc}{\lambda_1} = 5.12 \times 10^{-19}$

বা, $\lambda_1 = \frac{hc}{5.12 \times 10^{-19}} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5.12 \times 10^{-19}} = 3.89 \times 10^{-7}$ m

$\therefore \lambda_1 \approx 389$ nm

সুতরাং $\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{389}{2} = 194.5$ nm

(2) নং সমীকরণ থেকে কার্য অপেক্ষক, $W_0 = \frac{2hc}{\lambda_1} - 7.68 \times 10^{-19}$

$= \frac{2 \times 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3.89 \times 10^{-7}} - 7.68 \times 10^{-19}$ J $= 2.546 \times 10^{-19}$J

আমরা জানি,

$W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$

বা, $\lambda_0 = \frac{hc}{W_0}$

বা, $\lambda_0 = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.546 \times 10^{-19}}$

বা, $\lambda_0 = 7.81 \times 10^{-7}$ m

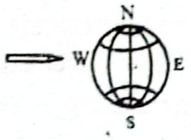
$\therefore \lambda_0 = 781$ nm

সুতরাং, দেখা যায়, প্রথম ক্ষেত্রে সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_0 আপতিত তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_1 এর $\left(\frac{781}{389}\right) \approx 2$ গুণ। কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_0 আপতিত তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_2 এর $\left(\frac{781}{194.5}\right)$ বা প্রায় 4 গুণ।

সুতরাং, প্রথম ক্ষেত্রে ধাতব পাতের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দ্বিগুণ হলেও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, ধাতব পাতের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দ্বিগুণ হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮০ **সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌প্রশ্ন নং ৬**

একটি নভোযান পৃথিবীর দিকে 0.9c বেগে অগ্রসর হচ্ছে।



ক. লরেঞ্জ ফিটজেরাল্ড সংকোচন কী? ১

খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থবিদ্যা ব্যর্থ কেন?— সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. নভোযানটির সাপেক্ষে পৃথিবীর পর্যায়কাল কত? ৩

ঘ. নভোযানটির অভিযাত্রীর সাপেক্ষে পৃথিবীর আকার কোন ধরনের হবে?— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দণ্ডের গতিশীল অবস্থার দৈর্ঘ্য দণ্ডটির নিশ্চল অবস্থার দৈর্ঘ্যের চেয়ে ছোট হবে। এ ঘটনাকে লরেন্টজ ফিটজেরাল্ড সংকোচন বলে।

খ চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান অনুসারে আলোকশক্তি সমগ্র তরঙ্গ মুখে ব্যাপ্ত থাকে। ধাতব পৃষ্ঠে অবস্থিত এক একটি অণুর উপর তরঙ্গগুলোর খুবই ক্ষুদ্র অংশ আপতিত হয়। ফলে প্রতিটি ইলেকট্রন সেকেন্ডে যৎসামান্য শক্তি আহরণ করে। মুক্ত হওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি আহরণে অনেক সময় লাগার কথা। কিন্তু বাস্তবে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। এক্ষেত্রে চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান দ্বারা কম্পাঙ্কের ওপর ইলেকট্রনের গতিশক্তির নির্ভরশীলতা ব্যাখ্যা করা যায় না। সূচন কম্পাঙ্কের অস্তিত্ব ব্যাখ্যা করা যায় না। তাছাড়া চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞানানুসারে ইলেকট্রনের গতিশক্তি তীব্রতার ওপর নির্ভরশীল হওয়ার কথা কিন্তু বাস্তবে তা নয়।

গ ৭০ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 10.46 ঘণ্টা।

ঘ ৭০ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নভোযানটির অভিযাত্রীর সাপেক্ষে পৃথিবীর আপাত ব্যাস প্রকৃত ব্যাসের তুলনায় 0.44 গুণ ছোট মনে হবে। এর ফলস্বরূপ নভোযাত্রীর নিকট পৃথিবীকে W–E বরাবর চাপা উপবৃত্তাকার ঘনবস্তু সদৃশ মনে হবে।

প্রশ্ন ▸ ৮১ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম ❚ প্রশ্ন নং ৬

Na ধাতু দ্বারা তৈরি ধাতব তলে λ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি আপতিত হলে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় এবং তখন নিবৃত্তি বিভব $3V_o$। একই তলে যখন 2λ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হয়, নিবৃত্তি বিভব V_o। অন্য একটি ধাতু হতে X-ray নির্গত হচ্ছে যার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 0.01 A°.

ক. ফোটন কাকে বলে? ১
খ. নিউক্লিয়াস হতে β কণা নির্গত হয় কেন? ২
গ. X-ray উৎপন্ন করতে কত বিভব প্রয়োজন? ৩
ঘ. দেখাও যে, তলটির সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ এর চারগুণ। ৪

৮১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তু থেকে আলো বা কোনো তাড়িতচুম্বকীয় শক্তির নিঃসরণ নিরবিচ্ছিন্নভাবে হয় না। আলো তথা যে কোনো বিকিরণ গুচ্ছ গুচ্ছ আকারে প্যাকেট বা কোয়ান্টাম হিসেবে নিঃসৃত হয়। আলোর এই কণার বা প্যাকেটকে ফোটন বলে।

খ বিটা রশ্মি হলো উচ্চ-গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন। পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলে বিটা রশ্মি নির্গত হয়। এক্ষেত্রে একটি নিউট্রন ভেঙে প্রোটনে পরিণত হয় এবং তার সাথে ইলেকট্রন ও একটি নিউট্রিনো তৈরী হয়।

$$n^\circ \rightarrow p^+ + e^- + \overline{\nu}$$

আর এই ইলেকট্রন পরমাণু হতে উচ্চ গতিতে যা বিটা রশ্মি হিসেবে নির্গত হয়।

গ

আমরা জানি,

$eV = h\nu$

বা, $h\dfrac{c}{\lambda} = eV$

বা, $V = \dfrac{hc}{e\lambda}$

বা, $V = \dfrac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.01 \times 10^{-10}}$

বা, $V = 1242375\ V$

বা, $V = 1.24 \times 10^{6}\ V$

$\therefore\ V = 1.24\ MV$ (Ans.)

এখানে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.01\ Å$
$= 0.01 \times 10^{-10}\ m$
ইলেকট্রনের চার্জ,
$e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.626 \times 10^{-34}\ Js$
আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^{8}\ ms^{-1}$
X-ray উৎপন্ন করতে প্রয়োজনীয় বিভব, $V = ?$

ঘ ফটোতড়িত ক্রিয়ার ক্ষেত্রে

আমরা জানি,

$eV = h\nu - h\nu_0$

প্রথম ক্ষেত্রে,

$eV_1 = h\nu_1 - h\nu_0$

বা, $e \times 3V_0 = \dfrac{hc}{\lambda_1} - W_0$

$\therefore\ W_0 = \dfrac{hc}{\lambda} - 3\ eV_0 \ldots\ldots (1)$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,

$eV_2 = h\nu_2 - h\nu_0$

বা, $eV_0 = \dfrac{hc}{\lambda_2} - W_0$

বা, $W_0 = \dfrac{hc}{2\lambda} - eV_0 \ldots\ldots (2)$

এখানে,
প্রথম ক্ষেত্রে, আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = \lambda$
নিবৃত্তি বিভব $V_1 = 3V_0$
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 2\lambda$
নিবৃত্তি বিভব $V_2 = V_0$
ইলেকট্রনের চার্জ $= 1.6 \times 10^{-19}\ C$
আলোর বেগ $= 3 \times 10^{8}\ ms^{-1}$
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}\ Js$
কার্য আপেক্ষক $= W_0 = h\nu_0 = \dfrac{hc}{\lambda_0}$

(1) ও (2) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$\dfrac{hc}{\lambda} - 3\ eV_0 = \dfrac{hc}{\lambda} - eV_0$

বা, $\dfrac{hc}{2\lambda} - \dfrac{hc}{2\lambda} = 3eV_0 - eV_0$

বা, $\dfrac{hc}{2\lambda} = 2eV_0$

$\therefore\ \lambda = \dfrac{hc}{4eV_0} \ldots\ldots (3)$

λ এর মান (1) এ বসিয়ে পাই,

$W_0 = \dfrac{hc}{\dfrac{hc}{4eV_0}} - 3eV_0$

বা, $W_0 = 4eV_0 - 3eV_0$

বা, $\dfrac{hc}{\lambda_0} = eV_0$

$\therefore\ \lambda_0 = \dfrac{hc}{eV_0} \ldots\ldots (4)$

এখন, (4) নং সমীকরণকে (3) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,

$\dfrac{\lambda_0}{\lambda} = \dfrac{\dfrac{hc}{eV_0}}{\dfrac{hc}{4eV_0}}$

বা, $\dfrac{\lambda_0}{\lambda} = \dfrac{hc}{eV_0} \times \dfrac{4eV_0}{hc}$

$\therefore\ \lambda_0 = 4\lambda$

অতএব দেখা যাচ্ছে, Na ধাতু দ্বারা তৈরি তলটির সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_0, আপতিত তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ এর চারগুণ।

প্রশ্ন ▸ ৮২ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ❚ প্রশ্ন নং ৫

নাফিস তার বন্ধু জয়ের সাথে আপেক্ষিক তত্ত্বের বিভিন্ন বিষয় নিয়ে আলোচনা করছিল। নাফিস বলল একজন মহাশূন্যচারী 40 বছর বয়সে $2.62 \times 10^{8}\ ms^{-1}$ বেগে একটি রকেটে চড়ে একটি নতুন গ্রহের অনুসন্ধানে গেল। পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য ছিল 75 m।

ক. আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের প্রথম স্বীকার্যটি বিবৃত করো। ১
খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যায় প্ল্যাঙ্কের তত্ত্বের প্রয়োজন কেন?— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
ঘ. অনুসন্ধান শেষে উক্ত নভোচারী পৃথিবীর হিসেবে 40 বছর পর ফিরে আসলে আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী তার বয়স একই হবে কি না যাচাই করো। ৪

৮২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলো একই রূপে থাকে।

খ ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার বিভিন্ন ফলাফল চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না। এসব ফলাফল ব্যাখ্যার জন্য প্লাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বের প্রয়োজন হয় যেমন,

(i) ফটোতড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে ইলেকট্রন নির্গমনের জন্য কিছু সময়ের প্রয়োজন।

(ii) ফটো-ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ভর করে আপতিত আলোকরশ্মির কম্পাঙ্কের ওপর। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে ফটো-ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ভর করবে আপতিত আলোর তীব্রতার ওপর।

(iii) একটি ধাতব পদার্থের জন্য একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক অপেক্ষা কম কম্পাঙ্কে আলোকরশ্মি যত বেশি আপতিত হোক না, কেন তা থেকে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে যেকোনো কম্পাঙ্কের আলোকরশ্মি ধাতব-পৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হবে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 36.53 m

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** পৃথিবীর হিসেবে তার বয়স হবে 80 বছর এবং নভোচারীর নিজের হিসেবে বয়স হবে (40 + 19.485) = 59.485 বছর। সুতরাং, আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুযায়ী ও পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী তার বয়স একই হবে না।

প্রশ্ন ▸৮৩ চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন আন্তঃকলেজ ▌প্রশ্ন নং ৬

একজন নভোচারী 30 বছর বয়সে 0.9c বেগের একটি মহাকাশযানে চড়ে মঙ্গল গ্রহে ভ্রমণে গেলেন এবং পৃথিবীর ক্যালেন্ডার হিসেবে 25 বছর পর পৃথিবীতে ফিরে এলেন। ঐ মহাকাশযানের স্থির দৈর্ঘ্য 80m। পৃথিবীতে তার জমজ ভাই নভোচারীর জন্য অপেক্ষা করছিলেন।

ক. কার্য অপেক্ষক কাকে বলে? ১

খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ও এক্স-রে উৎপাদন পরস্পর বিপরীত প্রক্রিয়া – ব্যাখ্যা করো। ২

গ. গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হিসেব করো। ৩

ঘ. পৃথিবীতে ফিরে আসার পর দুই ভাইয়ের বয়সের পার্থক্য কত হবে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখন্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখণ্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

খ দ্রুত গতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোনো একটি শক্ত ধাতব পদার্থে আঘাত করলে তা থেকে এক প্রকার অদৃশ্য রশ্মি নির্গত হয়। এ অদৃশ্য রশ্মি হচ্ছে এক্স রশ্মি। অপরদিকে উচ্চ কম্পাঙ্কের বিকিরণ কোনো ধাতব পদার্থে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়। এ ঘটনাকে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া বলে। সুতরাং বলা যায় এক্স রশ্মির উৎপাদন ও ফটো তড়িৎ ক্রিয়া পরস্পর বিপরীত প্রক্রিয়া।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: গতিশীল অবস্থায় রকেটের দৈর্ঘ্য 34.87 m।

অতএব দৈর্ঘ্য (80 – 34.87) বা 45.13 m কমবে।

ঘ ২৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: পৃথিবীতে অবস্থানরত ভাইয়ের বয়স হবে 55 বছর। অন্যদিকে মহাকাশচারী ভাইয়ের বয়স হবে (30 + 10.89) বা 40.89 বছর। অতএব বয়সের পার্থক্য হবে 14.10 বছর।

প্রশ্ন ▸৮৪ সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট ▌প্রশ্ন নং ৭

সিজিয়াম, পটাসিয়াম, সোডিয়াম, রূপা ও তামার কার্যাপেক্ষক যথাক্রমে 2.14, 2.30, 2.75, 4.74, 4.94 eV। সুমন A ও B নামক দুটি ধাতু নিয়ে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষা প্রদর্শনের সময় উভয় ধাতুর উপর 2500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করে দেখা গেল যে ধাতুদ্বয় হতে 2.67 eV ও 0.23 eV গতিসম্পন্ন ইলেক্ট্রন নির্গত হয়। A ধাতুটিতে একই তরঙ্গদৈর্ঘ্য নিয়ে আপতিত হয়ে 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়।

ক. আলোক কেন্দ্র কাকে বলে? ১

খ. সূর্য অস্ত যাওয়ার কিছুক্ষণ পরও সূর্যকে কিছুক্ষণ দেখা যায় কেন? ২

গ. ধাতুটির বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের A ও B ধাতুদ্বয় কী হতে পারে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক লেন্সের যে বিন্দুর মধ্যে দিয়ে আলোকরশ্মি গমন করলে প্রতিসরণের পর আলোক রশ্মির দিকের পরিবর্তন হয় না তাকে আলোক কেন্দ্র বলে।

খ সূর্য অস্ত যাওয়ার কিছুক্ষণ পরও সূর্যকে দেখা যাওয়ার মূল কারণ হলো বায়ুমণ্ডলে আলোর প্রতিসরণ। সূর্যাস্তের সময় বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরে ঘনত্বের পার্থক্য থাকার কারণে সূর্য হতে আলোকরশ্মি হালকা বায়ু থেকে যখন ঘন বায়ুতে প্রবেশ করে তখন এটি অভিলম্বের দিকে বেঁকে যায়। ফলে সূর্যের আপাত অবস্থান তার প্রকৃত অবস্থান থেকে কিছুটা উপরে দেখা যায়। সুতরাং সূর্য যখন প্রকৃতপক্ষে অস্ত যায় তখনও প্রতিসরণের কারণে সূর্যের আলো ভূপৃষ্ঠে পৌঁছায় এবং সূর্যকে কিছুক্ষণ দেখা যায়।

গ আমরা জানি,

বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta)$$

$$= 2500 \times 10^{-10} + \frac{6.63 \times 10^{-34} \times (1 - \cos 60°)}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}}$$

$$= 2.500012 \times 10^{-7}\text{m } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,

আপতিত রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 2500$ Å $= 2500 \times 10^{-10}$ m

স্থির ইলেকট্রনের ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

শূন্যস্থানে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^{8}\text{ms}^{-1}$

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

আপতিত ফোটনের বিক্ষেপণ কোণ, $\theta = 60°$

ঘ ৮৫ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** A ও B ধাতুর কার্যাপেক্ষক যথাক্রমে $W_A = 2.3$ eV, $W_B = 4.74$ eV। তাই, A ধাতুটি হলো পটাসিয়াম এবং B ধাতুটি হলো রূপা।

প্রশ্ন ▸৮৫ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা ▌প্রশ্ন নং ৬

রিয়া সিজিয়াম ধাতব পাতে 4000Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া পরিচালনা করছে। সে নিবৃত্তি বিভবের মান পেল 1.5 V। পরবর্তীতে সে 5250 Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সবুজ আলো ব্যবহার করে।

ক. ফোটন কী? ১

খ. সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয় না কেন? ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. সবুজ আলো ব্যবহার করায় ফটো তড়িৎ ক্রিয়া ঘটবে কিনা- ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তু থেকে আলো বা কোনো তাড়িচুম্বকীয় শক্তির নিঃসরণ নিরবিচ্ছিন্নভাবে হয় না। আলো তথা যে কোনো বিকিরণ গুচ্ছ গুচ্ছ আকারে প্যাকেট বা কোয়ান্টাম হিসেবে নিঃসৃত হয়। আলোর এই কণার বা প্যাকেটই হলো ফোটন।

খ আমরা জানি কোনো ধাতু থেকে ইলেকট্রন মুক্ত করতে ন্যূনতম একটি শক্তির প্রয়োজন। এ ন্যূনতম শক্তিকে উক্ত ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে। কোয়ান্টাম তত্ত্ব থেকে আমরা জানি, f কম্পাংকের একটি ফোটনের শক্তি, $E = hf$। এখন আপতিত ফোটনের শক্তি কমপক্ষে কার্যাপেক্ষকের সমান হলে ইলেকট্রন মুক্ত হবে। এরূপ ফোটনের কম্পাঙ্ক হচ্ছে সূচন কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য হচ্ছে সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য। এখন যদি এর থেকে কম কম্পাঙ্কের ফোটন আপতিত হয় তবে ফোটনের শক্তি কম হবে, ফলে ইলেকট্রন নির্গত হবে না। কম্পাঙ্ক কম হওয়ার অর্থ হচ্ছে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বড় হওয়া। তাই সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড় তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয় না।

গ ২০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 7.26×10^5 ms^{-1}।

ঘ ২০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: সবুজ আলোর শক্তি 2.37 eV যা সিজিয়াম ধাতুর কার্যাপেক্ষক 1.61 eV থেকে বেশি, তাই ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ঘটবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৬ সরকারি কেশব চন্দ্র কলেজ, ঝিনাইদহ ▌ প্রশ্ন নং ৬

রহিম ও রায়হান দুই বন্ধুর জন্ম 1980 সালে। তারা যে স্কুলের ছাত্র ছিল সে স্কুল স্থাপিত হয় 1950 সালে। 30 বছর বয়সে রায়হান 90 মিটার লম্বা মহাকাশযানে চড়ে 0.8c বেগে মহাকাশে যাত্রা শুরু করলো এবং রায়হানের হিসাব মতে 23 বছর পরে ফিরে এলো তার স্কুলের 100 বছর পূর্তি অনুষ্ঠানে যোগ দেওয়ার জন্য।

ক. নিবৃত্তি বিভব কী? ১
খ. কী শর্তে লরেঞ্জ রূপান্তর গ্যালিলীয় রূপান্তরে পরিবর্তিত হয়-ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রহিমের নিকট মহাকাশযানের দৈর্ঘ্য কত মনে হবে? ৩
ঘ. রায়হান তার স্কুলের অনুষ্ঠানে যোগ দিতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৮৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবই হলো নিবৃত্তি বিভব।

খ আমরা জানি, লরেন্টজ রূপান্তরের গাণিতিক সমীকরণ গুলো হলো—

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} ; y' = y ; z' = z$$

এবং $$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

যখন গতিশীল বস্তুর বেগ আলোর বেগের তুলনায় খুবই ক্ষুদ্র হয় সে ক্ষেত্রে।

যখন $v << c$ তখন $\frac{v}{c} \approx 0$

এবং লরেন্টজ রূপান্তরের সমীকরণগুলো দাঁড়ায়

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$$

এবং $y' = y$ ও $z' = z$ ও $t' = t$

যা গ্যালিলীয় রূপান্তরের সমীকরণকে নির্দেশ করে।

গ ৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: 54 m।

ঘ ৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: পৃথিবীর হিসাবে রায়হান পৃথিবীতে ফিরে আসে 38 বছর 4 মাস পর। তখন পৃথিবীতে 2048 সাল চলবে যা 2050 সাল থেকে কম। তাই রায়হান স্কুলের 100 বছর পূর্তি অনুষ্ঠানে যোগ দিতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৮৭ বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৫

কোনো ধাতব পাতে 5000Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি আপতিত করলে ঐ ধাতব পাত থেকে ফটো ইলেক্ট্রন নির্গত হয়, যা বন্ধ করতে 0.5V নিবৃত্তি বিভবের প্রয়োজন হয়। [ইলেক্ট্রনের ভর 9.1×10^{-31} kg এবং প্লাঙ্কের ধ্রুবক 6.63×10^{-34} J-s]

ক. কার্যাপেক্ষক কাকে বলে? ১
খ. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো ও অজড় প্রসঙ্গ কাঠামোর মধ্যে পার্থক্য কী? ২
গ. নির্গত ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ধাতব পাতের কার্য অপেক্ষক 1.98eV হলে এক্ষেত্রে গতিশক্তি বনাম কম্পাঙ্কের ঢাল প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবকের সমান হবে কি না? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৮৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখণ্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখণ্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

খ জড় প্রসঙ্গ কাঠামো ও অজড় প্রসঙ্গ কাঠামোর মধ্যে পার্থক্য হলো—

জড় কাঠামো	অজড় কাঠামো
১. জড় কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্রগুলো প্রয়োগ করা যায়।	১. অজড় কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্রগুলো প্রয়োগ করা যায় না।
২. জড় কাঠামোর ত্বরণ থাকে না।	২. অজড় কাঠামোর ত্বরণ থাকে।

গ

আমরা জানি,

$$\frac{1}{2} mv_{max}^2 = eV_0$$

বা, $$v_{max} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 0.5}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$= 4.19 \times 10^5 \text{ ms}^{-1} \textbf{ (Ans.)}$$

এখানে,
নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 0.5$ V
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ইলেকট্রনের আধান,
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
ধরি, ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ v_{max}

ঘ

আপতিত আলোর কম্পাংক,

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}}$$

$$= 6 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ধাতুর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য f_0 হলে,

$$hf_0 = \phi$$

বা, $$f_0 = \frac{3.168 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$$

$$= 4.778 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

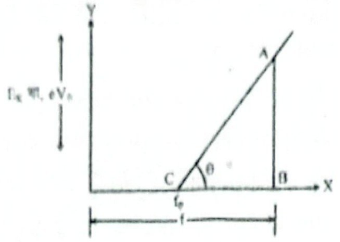
এখানে,
আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 5000$ Å $= 5000 \times 10^{-10}$ m
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 0.5$ V
ধাতুর কার্যাপেক্ষক,
$\phi = 1.98$ eV
$= 1.98 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J
$= 3.168 \times 10^{-19}$ J
প্ল্যাংকের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

ঢাল, $\tan\theta = \frac{AB}{BC}$

$= \frac{eV_0}{f - f_0}$

$= \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.5}{6 \times 10^{14} - 4.778 \times 10^{14}}$

$= 6.54 \times 10^{-34}$ Js



এখানে, ঢাল, $\tan\theta \neq h\ (6.63 \times 10^{-34}$ Js) (প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক)
সুতরাং উদ্দীপকে উল্লেখিত ধাতব পাত্রের কার্যাপেক্ষক 1.98 eV হলে গতিশক্তি বনাম কম্পাঙ্কের লেখচিত্রের ঢাল প্ল্যাংকের ধ্রুবকের সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৮৮ বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৬

ভূ-পৃষ্ঠ থেকে একজন মহাশূন্যচারীসহ 800kg ভরের রকেটকে উৎক্ষেপণ করা হলো। পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল অতিক্রমের পর 3.68×10^6 ms^{-1} বেগে গতিশীল অবস্থায় ভূ-পৃষ্ঠের একজন পর্যবেক্ষক রকেটটির উৎক্ষেপণের পর অতিক্রান্ত সময় 30 দিন পর্যবেক্ষণ করলেন।

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১
খ. চলমান বস্তুর দৈর্ঘ্য কখনও শূন্য হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বায়ুমণ্ডল অতিক্রমের পরে রকেটের ভর কত বাড়বে? ৩
ঘ. মহাশূন্যচারী কর্তৃক নিণীত পর্যবেক্ষণকাল উদ্দীপকে উল্লেখিত ভূ-পৃষ্ঠের পর্যবেক্ষণের নিণীত মানের সমান হতে হলে রকেটটির বেগের কীরূপ পরিবর্তন করতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন কাঠামোতে স্থির পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ কাঠামোতে সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান অপেক্ষা ঐ কাঠামোর সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল কোন পর্যবেক্ষকের নিকট ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান বেশি হয়। এ ঘটনাই হলো কাল দীর্ঘায়ন বা সময় প্রসারণ।

খ আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্বানুসারে, গতিশীল বস্তুর দৈর্ঘ্য তার স্থির অবস্থার দৈর্ঘ্যর তুলনায় ছোট হয়। দৈর্ঘ্য সংকোচনের সমীকরণটি হলো,

$L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

বস্তুটি আলোর সমান বেগে চললে তথা v = c হলে,

$L = L_0\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}$

বা, $L = L_0\sqrt{1 - 1}$

$\therefore L = 0$

এখানে,
L = পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায়, বস্তুর দৈর্ঘ্য
L_0 = পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে স্থির অবস্থায় বস্তুর দৈর্ঘ্য
v = বস্তুর বেগ
c = আলোর বেগ

অর্থাৎ, কোনো বস্তুকে আলোর বেগে গতিশীল করা হলে, গতিশীল অবস্থায় তার দৈর্ঘ্য শূন্য হবে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কোনো বস্তুকে আলোর বেগে গতিশীল করা সম্ভব না বলে গতিশীল অবস্থায় কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য কখনো শূন্য হয় না।

গ

আমরা জানি,

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$= \frac{800}{\sqrt{1 - \left(\frac{3.6 \times 10^6}{3 \times 10^8}\right)^2}}$

$= 800.06$ kg

এখানে,
রকেটের নিশ্চল ভর,
$m_0 = 800$ kg
রকেটের বেগ,
$v = 3.68 \times 10^6\ ms^{-1}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

রকেটের ভর বাড়বে = 800.06 − 800 = 0.06 kg (Ans.)

ঘ

ধরি, রকেটের বেগ v হলে মহাশূন্যচারী কর্তৃক নিণীত পর্যবেক্ষণকাল ভূপৃষ্ঠের পর্যবেক্ষকের নিণীত মানের সমান হবে। অর্থাৎ $t_0 = t$ হবে।

এখানে,
ভূপৃষ্ঠের একজন পর্যবেক্ষকের পর্যবেক্ষণ কাল, t = 30 দিন
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

আমরা জানি,

$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $30 = \frac{30}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

বা, $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1$

বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = 1$

বা, $\frac{v^2}{c^2} = 0$

বা, $v = 0$

অর্থাৎ, মহাশূন্যচারী কর্তৃক নিণীত পর্যবেক্ষণকাল উদ্দীপকে উল্লেখিত ভূ-পৃষ্ঠের পর্যবেক্ষকের নিণীত মানের সমান হতে হলে রকেটটির বেগ শূন্য হতে হবে।

Tutor ৮৯ থেকে ১১৫ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph2bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

৮৯. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ‖ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯০. যশোর বোর্ড ২০২১ ‖ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
৯১. বরিশাল বোর্ড ২০২১ ‖ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৯২. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ ‖ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯৩. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ ‖ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৯৪. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ ‖ প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৯৫. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ ‖ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৯৬. যশোর বোর্ড ২০১৯ ‖ প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৯৭. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৯৮. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৯৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০১. সিলেট বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০২. যশোর বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
১০৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
১০৪. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ ‖ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
১০৫. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ ‖ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
১০৬. সিলেট বোর্ড ২০১৬ ‖ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১০৭. সিলেট বোর্ড ২০১৬ ‖ প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
১০৮. যশোর বোর্ড ২০১৬ ‖ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
১০৯. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ ‖ প্রশ্ন নং ২ .... panjeree.com/hsc
১১০. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ ‖ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
১১১. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ ‖ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
১১২. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ ‖ প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১১৩. সিলেট বোর্ড ২০১৫ ‖ প্রশ্ন নং ৪ .... panjeree.com/hsc
১১৪. যশোর বোর্ড ২০১৫ ‖ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
১১৫. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ ‖ প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc

অধ্যায় ৯ পরমাণুর মডেল এবং নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

■ বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

■ বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	২	১	১	২	১	১	১	১১
২০২৩	১	২	১	১	১	১	১	১	১	১০
২০২২	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২১	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	১	–	১	১	১	১	১	১	১	৮
২০১৮	০	–	১	০	১	১	০	১	১	৫
২০১৭	১	–	১	১	১	১	১	১	০	৭
২০১৬	১	–	১	১	০	১	০	১	১	৬
২০১৫	১	–	১	১	১	১	১	০	০	৬
মোট প্রশ্ন	৭	৪	৯	৭	৭	৯	৬	৭	৬	–

[বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি এবং ২০২১ সালের NCTB প্রণীত পুনর্বিন্যাসকৃত সিলেবাসে অধ্যায়টি অন্তর্ভুক্ত করা হয়নি।]

■ অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▸ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭

একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু 3.82 দিন। একজন গবেষক পরীক্ষাগারে পর্যবেক্ষণে মতামত দিল যে, 18.75 দিন পর মৌলটির 96.67% ক্ষয় হবে।

ক. গড় আয়ু কী? ১

খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পন্নের জন্য ন্যূনতম কম্পাংকের আলো প্রয়োজন— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মৌলটির ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে পর্যবেক্ষণটি সঠিক ছিল কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় পরমাণুর আয়ুর যোগফলকে পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে যে আয়ু পাওয়া যায় তা ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু।

খ যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোক রশ্মি কোনো ধাতবপৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হওয়ার ঘটনাকে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া বলে। আইনস্টাইনের আলোক তড়িৎ সমীকরণ অনুসারে, $\frac{1}{2}mv_m^2 = hf - W_0$ এখানে W_0 = ইলেকট্রনকে ধাতব পৃষ্ঠ থেকে মুক্ত করতে প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শক্তি বা কার্যাপেক্ষক।

কোনো ধাতব পৃষ্ঠে প্রারম্ভ/সূচন কম্পাঙ্কের আলো আপতিত হলে এর সবটুকু শক্তি সর্বনিম্ন শক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রন বের করতে ব্যয় হয় এবং এ ইলেকট্রনের কোনো গতিশক্তি থাকে না, অর্থাৎ সূচন কম্পাঙ্ক f_0 হলে, কার্যাপেক্ষক $W_0 = hf_0$। এই ন্যূনতম কম্পাঙ্কের চেয়ে কম কম্পাঙ্কের কোনো আলো ধাতবপৃষ্ঠে আপতিত হলে কোন ইলেকট্রন নির্গত হবে না তথা ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পন্ন হবে না।

গ আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{ln2}{\lambda}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{ln2}{T_{\frac{1}{2}}} \text{ বা, } \lambda = \frac{ln2}{3.82}\,d^{-1}$$

$$\therefore \lambda = 0.1815\ d^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 3.82$ d
∴ ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই তেজস্ক্রিয় মৌলটির ক্ষয়ধ্রুবক $\lambda = 0.1815\ d^{-1}$

পর্যবেক্ষণের শুরুতে নমুনায় প্রারম্ভিক তেজস্ক্রিয় পরমাণুর সংখ্যা N_0 এবং পরবর্তী $t = 18.75$ দিন পর অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N হলে,

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ বা, } \frac{N}{N_0} = e^{-0.1815 \times 18.75}$$

$$\therefore \frac{N}{N_0} = 0.0333$$

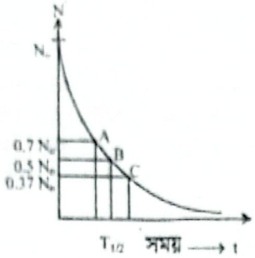
এক্ষেত্রে, মৌলটির ক্ষয় হয়েছে $= \frac{\Delta N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0}$

$$= 1 - 0.0333$$

$$= 96.67 = 96.67\%$$

∴ উদ্দীপক অনুসারে পর্যবেক্ষণটি সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▶ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৭



উপরের লেখচিত্রে সময়ের সাথে অক্ষত তেজস্ক্রিয় পরমাণুর পরিবর্তন দেখানো হয়েছে। তেজস্ক্রিয় পদার্থটির অবক্ষয় ধ্রুবক 4.02×10^{-4} Y^{-1}।

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. কোনো নিউক্লিয়াসের গড় বন্ধন শক্তি ভরসংখ্যার উপর নির্ভর করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় পদার্থটি A বিন্দুতে পৌঁছতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় পদার্থটির গড় আয়ুর পর তার অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা C বিন্দুতে হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণ যাচাই করো। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যই হলো ভরত্রুটি।

খ একটি নিউক্লিয়াসের বন্ধনশক্তি B এবং মোট নিউক্লিয়ন সংখ্যা বা ভরসংখ্যা A হলে, নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি, $B = \frac{\Delta mc^2}{A}$;

এখানে, Δm = ভরত্রুটি এবং c = আলোর বেগ

উপর্যুক্ত সমীকরণ অনুযায়ী কোনো নিউক্লিয়াসের গড় বন্ধনশক্তি ভর সংখ্যার উপর নির্ভর করে। ভর সংখ্যার পরিবর্তনে গড় বন্ধন শক্তি ও পরিবর্তিত হয়।

গ উদ্দীপকের লেখচিত্র অনুযায়ী প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা N_0 এবং তেজস্ক্রিয় পদার্থ A বিন্দুতে পৌছানো বলতে বোঝায় ঐ পদার্থের 0.7 N_0 পরিমাণ অক্ষত আছে।

ধরি, A বিন্দুতে পৌছাতে t সময় লাগবে।

আমরা জানি, $N = N_0e^{-\lambda t}$

বা, $0.7\ N_0 = N_0e^{-4.02 \times 10^{-4} t}$

বা, $0.7 = e^{-4.02 \times 10^{-4} t}$

বা, $-4.02 \times 10^{-4}\ t = ln(0.7)$

বা, $t = -\frac{\ln(0.7)}{4.02 \times 10^{-4}}$

$\therefore t = 887.251$ Y **(Ans.)**

এখানে,
আদি পরমাণু সংখ্যা = N_0
t সময় পরে অক্ষত পরমাণু সংখ্যা, $N = 0.7\ N_0$
$\lambda = 4.02 \times 10^{-4}\ Y^{-1}$
সময়, t = ?

ঘ আমরা জানি,

গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda}$

বা, $\tau = \frac{1}{4.02 \times 10^{-4}}$ Y

$\therefore \tau = 2487.562$ Y

এখানে,
অবক্ষয় ধ্রুবক,
$\lambda = 4.02 \times 10^{-4}\ Y^{-1}$
$\therefore$ গড় আয়ু, τ = ?

ধরি, গড় আয়ুর (2487.562 Y) পর তেজস্ক্রিয় পদার্থটির অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা হবে N।

আমরা জানি,

$N = N_0e^{-\lambda t}$

বা, $N_0 = N_0e^{-4.02 \times 10^{-4} \times 2487.562}$

$\therefore N = 0.37\ N_0$

এখানে,
আদি পরমাণু সংখ্যা = N_0
সময়, t = 2487.562 Y
$\therefore$ t সময় পরে অক্ষত পরমাণু সংখ্যা, N = ?

উদ্দীপক থেকে দেখা যাচ্ছে যে, C বিন্দুতে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা 0.37 N_0।

সুতরাং, উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ুর পর তার অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা C বিন্দুতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৫

এক খণ্ড রেডিয়ামে 6.023×10^{23} টি অক্ষত পরমাণু ছিল। এক বছর পর দেখা গেল 6.0×10^{23}টি পরমাণু ভেঙে গেছে।

ক. LED কাকে বলে? ১

খ. রেফ্রিজারেটর তাপ ইঞ্জিনের বিপরীত নীতিকে সমর্থন করে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রেডিয়ামের গড় আয়ু বের করো। ৩

ঘ. পরবর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণু সংখ্যা এবং পূর্ববর্তী এক বছরে ভেঙো যাওয়া পরমাণু সংখ্যা সমান হবে কি-না গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক নিঃসরক ডায়োডকে ইংরেজিতে Light Emitting Diode বা সংক্ষেপে LED বলে।

খ তাপ ইঞ্জিন উচ্চ তাপমাত্রার তাপ উৎস (Heat Sorce) থেকে তাপ গ্রহণ করে নিম্ন তাপমাত্রার তাপ গ্রাহকে (Heat Sink) তাপ বর্জন করে এবং গৃহীত ও বর্জিত তাপের পার্থক্যের সমপরিমাণ কাজ সম্পাদন করে। অর্থাৎ তাপ ইঞ্জিন তাপশক্তিকে কাজে (বা যান্ত্রিক শক্তিতে) রূপান্তর করে। অন্যদিকে রেফ্রিজারেটর নিম্ন তাপমাত্রার তাপ উৎস থেকে কম মানের তাপ সংগ্রহ করে উচ্চ তাপমাত্রার তাপ উৎসে বেশি মানের তাপ বর্জন করে। এর জন্য রেফ্রিজারেটরে যান্ত্রিক শক্তি প্রদান করতে হয় তথা রেফ্রিজারেটরের উপর কাজ সম্পাদন করতে হয়। তাই বলা যায়, রেফ্রিজারেটর তাপ ইঞ্জিনের বিপরীত নীতিকে সমর্থন করে।

গ আমরা জানি, তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র অনুযায়ী,

$N = N_0e^{-\lambda t}$

বা, $2.3 \times 10^{21} = 6.023 \times 10^{23}e^{-\lambda \times 1}$

বা, $e^{-\lambda} = \frac{2.3 \times 10^{21}}{6.023 \times 10^{23}}$

বা, $e^{-\lambda} = 3.8187 \times 10^{-3}$

বা, $\lambda = -\ln(3.8187 \times 10^{-3})$

$\therefore \lambda = 5.5678\ Y^{-1}$

এখানে
আদি পরমাণু সংখ্যা,
$N_0 = 6.023 \times 10^{23}$
সময়, t = 1 Y
t সময়ে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা = 6.0×10^{23}
$\therefore$ t সময় পর অক্ষত পরমাণু সংখ্যা, $N = 6.023 \times 10^{23} - 6.0 \times 10^{23}$
$= 2.3 \times 10^{21}$
$\therefore$ অবক্ষয় ধ্রুবক, λ = ?

এখন, গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda}$

বা, $\tau = \frac{1}{5.5678}$ Y

$\therefore \tau = 0.1796$ Y **(Ans.)**

$\therefore$ গড় আয়ু, τ = ?

ঘ 'গ' থেকে পাই অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 5.5678\ Y^{-1}$

দেওয়া আছে, এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণু সংখ্যা $\Delta N_1 = 6 \times 10^{23}$।

পরবর্তী এক বছরের ক্ষেত্রে,

আদি পরমাণু সংখ্যা, N_0' = উদ্দীপকের ক্ষেত্রে এক বছর পর অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23} - 6 \times 10^{23} = 2.3 \times 10^{21}$ টি

ধরি, এক বছর পর অক্ষত পরমাণু সংখ্যা হবে N'

$\therefore N' = N_0' e^{-\lambda t}$

বা, $N' = 2.3 \times 10^{21} \times e^{-5.5678 \times 1}$

বা, $N' = 2.3 \times 10^{21} \times 3.8189 \times 10^{3}$

$\therefore N' = 8.7834 \times 10^{18}$ টি

এখানে,
$N_0' = 2.3 \times 10^{21}$ টি
$t = 1$ Y
$N' = ?$

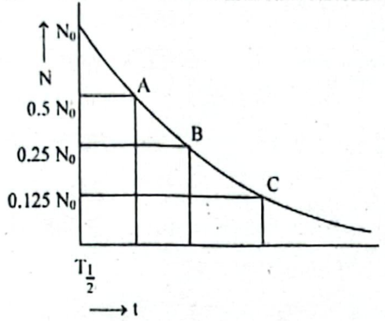
অর্থাৎ পরবর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা,

$$\Delta N_2 = N_0' - N' = 2.3 \times 10^{21} - 8.7834 \times 10^{18} = 2.2912 \times 10^{21} \text{ টি}$$

দেখা যাচ্ছে, $\Delta N_1 \neq \Delta N_2$

সুতরাং, পরবর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণু সংখ্যা এবং পূর্ববর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণু সংখ্যা সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৮



উদ্দীপকের চিত্রে একটি তেজস্ক্রিয় X-পরমাণুর তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের চিত্র দেখানো হয়েছে। যার গড় আয়ু 2.488×10^3 বছর।

ক. কার্যকৃত সহগ কী? ১

খ. পরমাণুর কক্ষপথে ইলেকট্রনের শক্তি ঋণাত্মক—ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মৌলটির $0.25\ N_0$ পরিমাণ ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. মৌলটির C বিন্দুতে ক্ষয় হয়ে পৌঁছতে যে সময় লাগে তার 'A' বিন্দুতে ক্ষয় হওয়া সময়ের ৩ গুণ হবে কি-না? বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্যকৃত সহগ হলো রেফ্রিজারেটর হতে অপসারিত তাপ এবং রেফ্রিজারেটরের বাইরের এজেন্ট কর্তৃক কৃতকাজের অনুপাত।

খ ইলেকট্রনের ভর m, শূন্যস্থানের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা $\in_0$, ইলেকট্রনের চার্জ e এবং প্লাংকের ধ্রুবক h হলে, n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $E_k = \frac{me^4}{8\,n^2h^2\in_0^2}$; এবং বিভব শক্তি, $E_p = -\frac{me^4}{4n^2h^2\in_0^2}$ সুতরাং n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের মোট শক্তি,

$$E_T = E_K + E_P = \frac{me^4}{8n^2h^2\in_0^2} - \frac{me^4}{4n^2h^2\in_0^2} = -\frac{me^4}{8n^2h^2\in_0^2}$$

n, h, $\in_0$, m, e সকল রাশির মান ধনাত্মক হওয়ায় স্পষ্টত, উক্ত মোট শক্তি E_T ঋণাত্মক। এভাবে পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট শক্তি সর্বদা ঋণাত্মক হওয়ার তাৎপর্য হলো উক্ত ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে বাইরে থেকে শক্তি খরচ করতে হয়।

গ আমরা জানি,

$\tau = \frac{1}{\lambda}$

বা, $\lambda = \frac{1}{\tau}$

বা, $\lambda = \frac{1}{2.488 \times 10^3}$

$\therefore \lambda = 4.0193 \times 10^{-4}\ Y^{-1}$

এখানে,
গড় আয়ু, $\tau = 2.488 \times 10^3$ Y
$\therefore$ অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

এখন, তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র অনুযায়ী,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $0.75\ N_0 = N_0\ e^{-4.0193 \times 10^{-4} t}$

বা, $0.75 = e^{-4.0193 \times 10^{-4} t}$

বা, $t = \frac{\ln(0.75)}{-4.0193 \times 10^{-4}}$

$\therefore t = 715.75$ Y **(Ans.)**

এখানে,
আদি পরমাণুর সংখ্যা = N_0
ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণুর সংখ্যা = $0.25\ N_0$
$\therefore$ অক্ষত অপমাণু সংখ্যা,
$N = N_0 - 0.25N_0 = 0.75\ N_0$
অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 4.0193 \times 10^{-4}\ Y^{-1}$
$\therefore$ সময়, $t = ?$

ঘ ধরি, A বিন্দুতে ক্ষয় হয়ে পৌঁছাতে সময় লাগে t_1

$\therefore$ তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র অনুসারে,

$N = N_0\ e^{-\lambda t_1}$

বা, $0.5\ N_0 = N_0\ e^{-4.0193 \times 10^{-4} t_1}$

বা, $0.5 = e^{-4.0193 \times 10^{-4} t_1}$

বা, $t_1 = \frac{l\,n(0.5)}{-4.0193 \times 10^{-4}}$

$\therefore t_1 = 1724.547$ Y

এখানে,
আদি পরমাণু সংখ্যা = N_0
অক্ষত পরমাণু সংখ্যা,
$N = 0.5\ N_0$
অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 4.0193 \times 10^{-4}\ Y^{-1}$
('গ' থেকে পাই)
$\therefore$ সময়, $t_1 = ?$

আবার,

ধরি, C বিন্দুতে পৌঁছাতে সময় লাগে t_2

$\therefore$ তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র অনুসারে,

$N = N_0 e^{-\lambda t_2}$

বা, $0.125\ N_0 = N_0\ e^{-4.0193 \times 10^{-4} t_2}$

বা, $t_2 = \frac{l\,n(0.125)}{-4.0193 \times 10^{-4}}$

$\therefore t_2 = 5173.641$ Y

এখানে,
অক্ষত পরমাণু সংখ্যা,
$N = 0.125\ N_0$
$\therefore$ সময়, $t_2 = ?$

এখন, $\frac{t_2}{t_1} = \frac{5173.641}{1724.547} = 3 \quad \therefore t_2 = 3t_1$

সুতরাং মৌলটির C বিন্দুতে ক্ষয় হয়ে পৌঁছাতে যে সময় লাগে, তা A বিন্দুতে ক্ষয় হওয়া সময়ের ৩ গুণ হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৫

2.918×10^{15}Hz কম্পাঙ্কের ফোটন দ্বারা একটি পরমাণুর প্রথম কক্ষের ইলেকট্রনকে আঘাত করা হলো। পরমাণুটির প্রথম কক্ষের ব্যাসার্ধ 0.53Å এবং শক্তি –13.6eV। [$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js]

ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. বিটা ক্ষয়ে ইলেকট্রন নির্গত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের পরমাণুর কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইলেকট্রনকে আঘাত করার ফলে তার কক্ষপথের পরিবর্তন হবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ β কণা হলো দ্রুতগামী ইলেকট্রন যা নিউক্লিয়াস থেকে নির্গত হয়, অথচ নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না। প্রকৃতপক্ষে, নিউক্লিয়াসের একটি নিউট্রন ভেঙে একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটনে পরিণত হয়। সাংকেতিক চিহ্ন দিয়ে একে নিম্নোক্তভাবে লেখা যায়–

${}_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}e^0$ (বিটা কণা)

প্রোটনটি নিউক্লিয়াসে থেকে যায়, কিন্তু ইলেকট্রনটি বিটা কণা হিসেবে নির্গত হয়। এ কারণে রূপান্তরিত পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা এক বৃদ্ধি পায়।

গ আমরা জানি, n তম কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগে, $mv_nr_n = \frac{nh}{2\pi}$

$v_n = \frac{nh}{2\pi mr_n}$

$\therefore v_2 = \frac{1 \times 6.63 \times 10^{-34}}{2 \times \pi \times 9.1 \times 10^{-31} \times 0.53 \times 10^{-1}}$

$= 2.188 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
১ম কক্ষপথের জন্য, n = 1
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ Js
১ম কক্ষপথে ইলেকট্রনের বেগ, $v_n = ?$

ঘ আমরা জানি, n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের মোটি শক্তি,

$E_n = -\frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_0}$ অর্থাৎ, $E_n \propto \frac{1}{n^2}$

পরমাণুটির ১ম কক্ষের শক্তি, $E_1 = -13.6$ eV (দেওয়া আছে)

$\therefore$ পরমাণুটির ২য় কক্ষপথে শক্তি, $E_2 = \frac{1}{n^2}E_1 = \frac{1}{2^2}(-13.6)$ eV

$= -3.4$ eV

এবং ৩য় কক্ষপথে শক্তি, $E_3 = \frac{1}{3^2}E_1 = \frac{1}{9}(-13.6) \text{ eV} = -1.51$ eV

একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের ফোটন দ্বারা ইলেকট্রনকে আঘাত করা হলে ইলেকট্রনটি কক্ষপথে পরিবর্তন করবে যদি আপতিত ফোটনের শক্তি ঔ দুটি কক্ষপথের মধ্যকার শক্তির পার্থক্যের সমান হয়।

এখন, আপতিত ফোটনের শক্তি,

$\Delta E = hf$

$= 6.63 \times 10^{-34} \times 2.918 \times 10^{15}$ J

$= 1.934 \times 10^{-18}$ J

$= \frac{1.934 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}}$

$= 12.09$ eV

এখানে,
প্ল্যাংকের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
ফোটনের কম্পাঙ্ক,
$f = 2.918 \times 10^{15}$ Hz
$\therefore$ ফোটনের শক্তি, E = ?

ধরি, $\Delta E = 12.09$ eV পরিমাণ শক্তি লাভ করে ইলেকট্রনটি x তম কক্ষপথে চলে যায় এবং ঐ উচ্চতর শক্তিস্তরের শক্তি E_x।

$\therefore \Delta E = E_x - E_1$

বা, $12.09 = E_x - (-13.6)$

বা, $E_x = -1.51$ eV

দেখা যাচ্ছে, $E_x = E_3 = -1.51$ eV

অর্থাৎ, ইলেকট্রনটি ৩য় শক্তিস্তরে উন্নীত হয়েছে।

সুতরাং, ইলেকট্রনকে আঘাত করার ফলে তার কক্ষপথের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬ **কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৭**

সামিয়া ও স্নেহা প্রত্যেকে আলাদাভাবে যথাক্রমে 22 MeV ও 25 MeV শক্তি প্রয়োগ করে হিলিয়াম নিউক্লিয়াস ভেঙে প্রোটন ও নিউট্রনে পরিণত করার চেষ্টা করল। প্রোটনের ভর $m_p = 1.00758$ amu, নিউট্রনের ভর $m_n = 1.00894$ amu এবং হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের ভর 4.00389 amu।

ক. ক্ষয় ধ্রুবকের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় কেন ক্যাডমিয়াম দণ্ড ব্যবহার করা হয়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. হিলিয়ামের ভরত্রুটি বের করো। ৩
ঘ. সামিয়া অথবা স্নেহা হিলিয়াম নিউক্লিয়াস ভাঙতে সক্ষম হবে কিনা, গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় ক্যাডমিয়াম দন্ড ব্যবহার করা হয় বিক্রিয়ার গতি মন্থর করার জন্য। প্রতিটি ফিশন বিক্রিয়ায় তিনটি করে নিউট্রন অবমুক্ত হয়। ক্যাডিমিয়াম দন্ডের কাজ হলো এর মধ্যে দুটি নিউট্রন শোষণ করে বিক্রিয়ার গতি হ্রাস করা এবং নিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়া ঘটানো।

গ আমরা জানি,

ভরত্রুটি,

$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M$

$= (2 \times 1.00758 + 2 \times 1.00894 - 4.00389)$ amu

$= 0.02915$ amu **(Ans.)**

এখানে,
প্রোটনের ভর, $m_p = 1.00758$ amu
নিউট্রনের ভর, $m_n = 1.00894$ amu
হিলিয়ামের প্রোটন সংখ্যা, Z = 2
ভরসংখ্যা, A = 4
নিউট্রন সংখ্যা, N = A – Z
= 4 – 2 = 2
নিউক্লিয়াসের ভর, M = 4.00389 amu
ভরত্রুটি, $\Delta m = ?$

ঘ কোনো পরমানুর নিউক্লিয়াস ভাঙতে ঐ নিউক্লিয়াসের বন্ধনশক্তির সমপরিমাণ শক্তি প্রদান করতে হয়।

'গ' থেকে পাই, হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের ভরত্রুটি, $\Delta m = 0.02915$ amu

$\therefore$ বন্ধনশক্তি, $B = \Delta mc^2$

বা, $B = (0.02915 \text{ amu})\, c^2$

বা, $B = \left(0.02915 \times \frac{931.5}{c^2}\text{MeV}\right) \times c^2$

$\therefore B = 27.153$ MeV

এখানে,
$1 \text{ amu} = \frac{931.5}{c^2}$ MeV
বন্ধনশক্তি, B = ?

সামিয়া ও স্নেহা যথাক্রমে 22 MeV ও 25 MeV শক্তি প্রয়োগ করে। দুটোই হিলিয়ামের বন্ধনশক্তি অপেক্ষা কম।

সুতরাং, সামিয়া কিংরা স্নেহা কেউই হিলিয়াম নিউক্লিয়াস ভাঙতে সক্ষম হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৬**

হাইড্রোজেন পরমাণুর তৃতীয় কক্ষপথ হতে একটি ইলেকট্রন উত্তেজিত অবস্থায় শক্তি বিকিরণ করে দ্বিতীয় কক্ষপথে আসে। ইলেকট্রনের ভর 9.1×10^{-31} kg, ইলেকট্রনের চার্জ 1.6×10^{-19}C। প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক 6.63×10^{-34}Js, আলোর দ্রুতি $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ এবং $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$।

ক. বন্ধন শক্তি কাকে বলে? ১
খ. নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় ক্যাডমিয়াম দন্ড ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পরমাণুর তৃতীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ইলেকট্রনটি শক্তির যে বিকিরণ নিঃসরণ করে তা চোখে দেখা যাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেঁধে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি বলে।

খ নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় ক্যাডমিয়াম দন্ড ব্যবহার করা হয় বিক্রিয়ার গতি মন্থর করার জন্য। প্রতিটি ফিশন বিক্রিয়ায় তিনটি করে নিউট্রন অবমুক্ত হয়। ক্যাডিমিয়াম দন্ডের কাজ হলো এর মধ্যে দুটি নিউট্রন শোষণ করে বিক্রিয়ার গতি হ্রাস করা এবং নিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়া ঘটানো।

গ আমরা জানি,

$$r_n = \frac{n^2h^2\epsilon_0}{\pi me^2}$$

$$= \frac{(3)^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2 \times 8.854 \times 10^{-12}}{\pi \times 9.10 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^2}$$

$$= 4.786 \times 10^{-10}\ \text{m}$$

$$= 4.786\ \text{Å (Ans.)}$$

এখানে,
ইলেকট্রন ভর,
$m = 9.10 \times 10^{-31}$ kg
প্ল্যাংকের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
ইলেকট্রনের চার্জ,
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
শূন্যস্থানের ভেদন যোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$
কক্ষপথ, $n = 3$
ব্যাসার্ধ, $r_n = ?$

ঘ ফোটনের বা বিকীর্ণ শক্তির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 4×10^{-7} m থেকে 7×10^{-7} m এর মধ্যে হলে বিকীর্ণ শক্তির নিঃসরণ দেখা যাবে।

আমরা জানি,

$$f = \frac{me^4}{8h^3\epsilon_0^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$= \frac{9.10 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (6.63 \times 10^{-34})^3 \times (8.854 \times 10^{-12})^2} \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$

$$= 3.27 \times 10^{15} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)$$

$$= 4.542 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

এখানে,
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.10 \times 10^{-31}$ kg
এবং চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
প্লাংক এর ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
শূন্যস্থানের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$
$n_1 = 2$ (শেষ কক্ষপথ)
$n_2 = 3$ (প্রথম কক্ষপথ)

আবার, $c = f\lambda$

বা, $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{4.542 \times 10^{14}}$

$= 6.605 \times 10^{-7}$ m

$= 660.5$ nm

এখানে,
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

যা কি-না দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গ সীমার (380 nm – 780 nm) ভিতরে অবস্থিত। সুতরাং, উল্লেখিত ইলেকট্রনের বিকিরণ দৃশ্যমান হবে।

প্রশ্ন ▸ ৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ‖ প্রশ্ন নং ৭

রেডিয়ামের অর্ধায়ু 1620 বছর এবং এর প্রারম্ভিক পরিমাণ 1×10^{-3} kg।

ক. ডোপিং কী? ১

খ. বিমুখী বায়াসে ডায়োডের ডিপ্লেশন স্তর বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রেডিয়ামের গড় আয়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের রেডিয়ামের প্রথম 2 mg ক্ষয় হতে যে সময় লাগে পরবর্তী 2 mg ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে কি-না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ডোপিং হলো তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়া।

খ তড়িৎ উৎসের ঋণাত্মক ও ধনাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জংশনের p ও n অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে সংযোগটি বিমুখী ঝোঁকে থাকে। বিপরীত ঝোঁকে ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে p অঞ্চলের হোলগুলো এবং ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে n অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো জংশন হতে দূরে সরে যায়। এতে n অঞ্চল হতে কিছু ইলেকট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তে গমন করায় নিঃশোষিত অঞ্চলে ধনাত্মক আয়নের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং এর বিভব বৃদ্ধি পায়। আবার ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত হতে ইলেকট্রন এসে p অঞ্চলের কিছু হোলের সাথে যুক্ত হয়ে এদের ঋণাত্মক আয়নে পরিণত করে ফলে নিঃশোষিত অঞ্চলের বিভব হ্রাস পায়। অর্থাৎ বিমুখী ঝোঁকে জংশনের দুপাশের বিভব পার্থক্য বৃদ্ধি পায় এবং তদুপরি নিঃশোষিত অঞ্চল বা ডিপ্লেশন স্তর বৃদ্ধি পায়।

গ

আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

এখানে, অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 1620$ Y
গড় আয়ু, $\tau = ?$

$$\therefore \lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{1620} = 4.2778 \times 10^{-4}\ Y^{-1}$$

আবার, $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{4.2778 \times 10^{-4}} = 2337.66$ Y **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, রেডিয়ামের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 4.2778 \times 10^{-4}\ Y^{-1}$

ধরি, রেডিয়ামের প্রথম 2 mg ক্ষয় হতে t_1 সময় এবং পরবর্তী 2 mg ক্ষয় হতে t_2 সময় লাগবে।

১ম ক্ষেত্র প্রথম 2 mg ক্ষয়

আমরা জানি, তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র অনুসারে,

$N = N_0e^{-\lambda t}$

বা, 9.98×10^{-4}

$= 1 \times 10^{-3} \times e^{-4.2778 \times 10^{-4}t_1}$

বা, $0.998 = e^{-4.2778 \times 10^{-4}t_1}$

বা, $t_1 = \frac{\ln(0.998)}{-4.2778 \times 10^{-4}}$

$\therefore t_1 = 4.67998$ Y

$= 1708.2$ d

এখানে,
প্রারম্ভিক পরিমাণ, $N_0 = 1 \times 10^{-3}$ kg
ক্ষয় প্রাপ্ত পরিমাণ, $\Delta N = 2$ mg
$= 2 \times 10^{-6}$ kg
অক্ষত পরিমাণ, $N = N_0 - \Delta N$
$= 9.98 \times 10^{-4}$ kg
ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = 4.2778 \times 10^{-4}\ Y^{-1}$
$\therefore$ সময়, $t_1 = ?$

২য় ক্ষেত্র পরবর্তী 2 mg ক্ষয়

অনুরূপভাবে, $N = N_0e^{-\lambda t}$

বা, 9.96×10^{-4}

$= 9.98 \times 10^{-4}\ e^{-4.2778 \times 10^{-4}t_2}$

বা, $\frac{9.96}{9.98} = e^{-4.2778 \times 10^{-4}t_2}$

বা, $t_2 = \frac{ln\left(\frac{9.96}{9.98}\right)}{-4.2778 \times 10^{-4}}$

$\therefore t_2 = 4.68937$ Y

$= 1711.62$ d

এখানে,
প্রারম্ভিক পরিমাণ,
N_0 = ১ম ক্ষেত্রের অক্ষত পরিমাণ
$= 9.98 \times 10^{-4}$ kg
ক্ষয়প্রাপ্ত পরিমাণ, $\Delta N = 2$ mg
$= 2 \times 10^{-6}$ kg
$\therefore$ অক্ষত পরিমাণ, $N = N_0 - \Delta N$
$= 9.96 \times 10^{-4}$ kg
$\therefore$ সময়, $t_2 = ?$

দেখা যাচ্ছে, $t_1 \neq t_2$। বরং $t_1 < t_2$।

সুতরাং, উদ্দীপকের রেডিয়ামের ১ম 2 mg ক্ষয় হতে যে সময় লাগে, পরবর্তী 2 mg ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▸ ৯ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ‖ প্রশ্ন নং ৬

প্রয়োজনীয় নিরাপত্তা ব্যবস্থায় পরীক্ষা করার জন্য 50 gm তেজস্ক্রিয় পদার্থ উন্মুক্তভাবে রেখে দেয়া হলো। 10 দিন পরে দেখা গেল 8.1 gm অবশিষ্ট আছে। মৌলটির গড় আয়ু 5.48 দিন।

ক. তেজস্ক্রিয়তার একক লেখো। ১

খ. বন্ধনশক্তির উপর পরমাণুর স্থায়িত্ব নির্ভর করে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মৌলটির ক্ষয়ধ্রুবক কত? ৩

ঘ. পরীক্ষাগারে 10 দিনের পরিবর্তে 18 দিন মৌলটি রেখে দিলে কোনো অংশ অবশিষ্ট থাকবে কিনা– গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তেজস্ক্রিয়তার একক বেকেরেল।

খ প্রোটন ও নিউট্রনকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেঁধে রাখার শক্তিই হচ্ছে বন্ধন শক্তি। আবার নিউক্লিয়াসকে ভাঙতে হলেও বন্ধন শক্তির সমপরিমাণ শক্তি সরবরাহ করতে হয়।

কোন নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি যত বেশি, সেটা ভাঙতে তত বেশি শক্তির প্রয়োজন হয়। স্বাভাবিকভাবেই, নিউক্লিয়াসটি অধিকতর স্থায়ী হয়। অন্যদিকে বন্ধনশক্তি কম হলে সহজেই নিউক্লিয়াস ভেঙে প্রোটন ও নিউট্রন আলাদা করে ফেলা যায়। এতে পরমাণুর স্থায়িত্ব লোপ পায়। কাজেই, বন্ধন শক্তির উপর পরমাণুর স্থায়িত্ব নির্ভর করে।

গ আমরা জানি,

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

বা, $\lambda = \frac{1}{\tau}$ বা, $\lambda = \frac{1}{5.48}$

$\therefore \lambda = 0.1825\ d^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
গড় আয়ু, $\tau = 5.48$ d
$\therefore$ ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 0.1825\ d^{-1}$

আমরা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

বা, $N = 50 \times e^{-0.1825 \times 18}$

$\therefore N = 1.872$ g

এখানে,
মৌলটির আদি পরিমাণ, $N_0 = 50$ g
সময়, $t = 18$ d
$\therefore$ মৌলটির অক্ষত পরিমাণ, $N = ?$

$\therefore$ অবশিষ্ট অংশের শতকরা পরিমাণ $= \frac{1.872}{50} \times 100\% = 3.744\%$

সুতরাং, পরীক্ষাগারে 10 দিনের পরিবর্তে 18 দিন মৌলটি রেখে দিলে 3.744% পরিমাণ অংশ অবশিষ্ট থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ১০ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৮

একটি H_2 পরমাণুর ইলেকট্রন – 1.5 eV শক্তি অবস্থা হতে – 3.4 eV শক্তি অবস্থায় আসে। [ভূমি অবস্থার শক্তি – 13.6 eV, $C = 3 \times 10^8$ ms^{-1}, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ JS, দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লা 4×10^{-7} m হতে 8×10^{-7} m]

ক. ভরত্রুটির সংজ্ঞা দাও। ১

খ. ${}^{226}_{88}Ra = {}^{222}_{86}Rn + \alpha$ বিক্রিয়াটি একটি নিউক্লিয় ঘটনা। — ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ইলেকট্রনটি প্রাথমিক অবস্থায় কত নম্বর কক্ষপথে ছিলো? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইলেকট্রন নিঃসৃত বিকিরণ দৃশ্যমান আলো হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ কৃত্রিম উপায়ে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটিয়ে নতুন মৌল গঠন করার প্রক্রিয়াকে নিউক্লিয় ঘটনা বলে। আমরা জানি α কণা হলো দ্বিধনাত্মক He নিউক্লিয়াস। ${}^{226}_{88}Ra$ হতে একটি α কণা বের হয়ে যাওয়ায় ভর সংখ্যা 4 কমেছে এবং প্রোটন সংখ্যা 2 কমেছে। ফলে নতুন একটি মৌল ${}^{222}_{86}Rn$ উৎপন্ন হয়েছে। তাই প্রদত্ত ঘটনাটি একটি নিউক্লিয় ঘটনাকে নির্দেশ করে।

গ ধরি, ইলেকট্রনটি প্রাথমিক অবস্থায়— n-তম কক্ষপথে ছিল। আমরা জানি, n-তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের মোট শক্তি E_n হলে,

$$E_n = -\frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_0^2}$$

অর্থাৎ, $E_n \propto \frac{1}{n^2}$

$\therefore \frac{E_n}{E_1} = \frac{1^2}{n^2}$

এখানে,
১ম কক্ষপথের শক্তি, $E_1 = -13.6$ eV
n তম কক্ষপথের শক্তি, $E_n = -1.5$ eV
$\therefore$ কক্ষপথের সংখ্যা, $n = ?$

বা, $E_n = \frac{1^2}{n^2} E_1$ বা, $-1.5 = \frac{1^2}{n^2}(-13.6)$

বা, $n^2 = 9$

$\therefore n = 3$ **(Ans.)**

ঘ

ইলেকট্রনের বিকিরিত শক্তির পরিমাণ,

$$\Delta E = E_1 - E_2$$
$$= -1.5\ eV - (-3.4\ eV)$$
$$= 1.9\ eV$$
$$= 1.9 \times 1.6 \times 10^{-19} J$$
$$= 3.04 \times 10^{-19} J$$

ইলেকট্রনের নিঃসৃত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,

এখানে,
ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে,
আদি কক্ষপথের শক্তি,
$E_1 = -1.5$ eV
শেষ কক্ষপথের শক্তি,
$E_2 = -3.4$ eV
প্লাঙ্ক ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

বা, $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3.04 \times 10^{-19}} = 6.54 \times 10^{-7}m$

সুতরাং, বিকিরিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6.54 \times 10^{-7}$ m বা, 654 nm, যা দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লার (380 nm – 780 nm) মধ্যে পড়ে। তাই, ইলেকট্রনের নিঃসৃত বিকিরণ দৃশ্যমান আলো হবে।

প্রশ্ন ▶ ১১ বরিশাল বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৬

দুজন ছাত্রের এক গবেষণায় কোনো স্থানের তেজস্ক্রিয়তা পাওয়া গেল 10 millicurie। কিন্তু মানুষের জন্য সহনীয় মাত্রা 5 μ curie। ঐ স্থানের তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 20 বৎসর। একজন ছাত্র মন্তব্য করলো "আমাদের জীবদ্দশায় এই স্থান মানব বসতির উপযোগী হবে না।" (মানুষের গড় আয়ু 75 বৎসর)

ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. তেজস্ক্রিয় বিকিরণে γ-রশ্মি সবসময়ে α ক্ষয় বা β ক্ষয় এর সাথে নিঃসৃত কিন্তু এককভাবে হয় না— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঐ স্থানের তেজস্ক্রিয় পদার্থের অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ছাত্রের মন্তব্য সঠিক কি-না— গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ γ-রশ্মি হচ্ছে আলো। তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস ভাঙনের ফলে যে শক্তি নির্গত হয় তাই γ-রশ্মি আকারে থাকে। কিন্তু γ-রশ্মির সাথে সর্বদা α ও β কণাও নিঃসৃত হয়। কারণ এই বিক্রিয়ায় নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলে পরমাণুর গঠনে মৌলিক পরিবর্তন সাধিত হয় তথা মৌল পরিবর্তন হয়ে যায়। যা একটি নিউক্লিয় ঘটনা।

গ আমরা জানি,

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$$

বা, $\lambda = \frac{0.693}{20}$

এখানে,
অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 20$ Y
$\therefore$ ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

$\therefore \lambda = 0.0347\ Y^{-1} = \frac{0.0347}{365 \times 86400} s^{-1} = 1.1 \times 10^{-9} s^{-1}$

এখন, $\frac{dN}{dt} = \lambda N$

বা, $3.7 \times 10^8 = 1.1 \times 10^{-9} \times N$

$\therefore N = 3.364 \times 10^{17}$ **(Ans.)**

এখানে,

তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের হার,

$\frac{dN}{dt} = 10\ mCi = 10 \times 10^{-3} Ci$

$= 10 \times 10^{-3} \times 3.7 \times 10^{10}$ decay/s

$= 3.7 \times 10^8$ decay/s

$\therefore$ অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, $N = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = 0.0347\ Y^{-1}$

মানুষের জীবদ্দশায় অর্ধায়ু গড় আয়ু সময়ের পর ঐ স্থানের তেজস্ক্রিয়তা A হলে,

$A = A_0 e^{-\lambda t}$

$= 0.01 e^{-(0.0347 \times 75)}$

$= 7.41 \times 10^{-4}$ Ci

দেখা যাচ্ছে, $A > A'$

এখানে,

পূর্বের তেজস্ক্রিয়তা,

$A_0 = 10$ milici $= 10 \times 10^{-3}$ Ci

$= 0.01$ Ci

মানুষের গড় আয়ু, $t = 75$ yr

মানুষের জন্য সহনীয় মাত্রার তেজস্ক্রিয়তা,

$A' = 5\mu Ci = 5 \times 10^{-6}$ Ci

অর্থাৎ, মানুষের জীবদ্দশায় বা গড় আয়ুর 75 বছর পর ঐ স্থানের তেজস্ক্রিয়তা সহনীয় মাত্রা থেকে অনেক বেশি, তাই ঐ স্থান মানব বসতির উপযোগী হবে না। এজন্য বলা যায়, ছাত্রের মন্তব্য সঠিক।

প্রশ্ন ▸ ১২ ঢাকা বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৭, দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৬

ধরো $_1H^3 + _1H^2 \longrightarrow _2He^4 + _0n^1$ ফিউশন বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তি দিয়ে একটি আলফা কণাকে আঘাত করা হলো। দেওয়া আছে:

$_1H^3$ এর ভর = 3.0155 amu
$_1H^2$ এর ভর = 2.0136 amu
$_2He^4$ এর ভর = 4.0015 amu
নিউট্রন (n) এর ভর = 1.00867 amu
প্রোটন (p) এর ভর = 1.00758 amu

ক. গড় আয়ুর সংজ্ঞা দাও। ১

খ. এক্স রশ্মি নল থেকে উৎপন্ন এক্স রশ্মির ন্যূনতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য ঐ নলের ক্যাথোড ও অ্যানোডের প্রদত্ত বিভব পার্থক্যের উপর নির্ভর করে। ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. ফিউশান বিক্রিয়াটির ভর ত্রুটি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বিক্রিয়াটিতে উৎপন্ন শক্তি α কণাকে সম্পূর্ণ ভাঙতে সক্ষম হবে কিনা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় পরমাণুর আয়ুর যোগফলকে পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে যে আয়ু পাওয়া যায় তাকে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু বলে।

খ তীব্র গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন কোনো কঠিন ধাতব পদার্থের ওপর আপতিত হলে তা থেকে এক্স রশ্মি উৎপন্ন হয়। এর জন্য ক্যাথোড ও অ্যানোডের বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি করা হয়। ইলেকট্রনের চার্জ e এবং ক্যাথোড ও অ্যানোডের মধ্যে বিভব পার্থক্য V হলে তাপীয় ইলেকট্রন ক্যাথোড থেকে অ্যানোডে যাওয়ার সময় eV গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়। ইলেকট্রন লক্ষ্যবস্তুকে আঘাতের ফলে এই গতিশক্তি কিছু অংশ লক্ষ্যবস্তু কর্তৃক তাপ শক্তি রূপে শোষিত হয় এবং কিছু অংশ এক্স রশ্মিতে পরিণত হয়। নির্গত এক্স রশ্মির কম্পাঙ্ক f হলে শক্তি hf।

সুতরাং, $eV = hf + H$

এখানে, H = উৎপন্ন তাপশক্তি। H = 0 হলে নির্গত এক্স রশ্মির কম্পাঙ্ক সর্বোচ্চ হবে। সেক্ষেত্রে,

$hf_{max} = eV$

বা, $f_{max} = \frac{eV}{h}$ বা, $\frac{c}{\lambda_{min}} = \frac{eV}{h}$ $[\because c = f\lambda]$

$\therefore \lambda_{min} = \frac{ch}{eV}$

$\therefore$ এক্স রশ্মি নল থেকে উৎপন্ন রশ্মির ন্যূনতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য ঐ নলের ক্যাথোড ও অ্যানোডের প্রদত্ত বিভব পার্থক্যের উপর নির্ভর করে।

গ $_1H^3 + _1H^2 \rightarrow _2He^4 + _1n^0$

ফিউশান বিক্রিয়ার পূর্বের ভর,

$= _1H^3 + _1H^2$

$= (3.0155 + 2.0136)$ amu

$= 5.0291$ amu

দেওয়া আছে,

$_1H^3$ এর ভর = 3.0155 amu

$_1H^2$ এর ভর = 2.0136 amu

$_2He^4$ এর ভর = 4.0015 amu

নিউট্রন (n) এর ভর = 1.00867 amu

ফিউশান বিক্রিয়ার পরের ভর $= _2He^4 + _1n^0$

$= (4.0015 + 1.00867)$ amu

$= 5.0107$ amu

$\therefore$ ভর ত্রুটি, $\Delta m = (5.0291 - 5.01017)$ amu

$= 0.01893$ amu **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত, ভরত্রুটি, $\Delta m = 0.01893$ amu $= 0.01893 \times 1.66 \times 10^{-27}$

$\therefore$ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি, $E = \Delta mc^2$

$= 3.142 \times 10^{-29} \times (3 \times 10^8)^2$ J

$= 2.828142 \times 10^{-12}$ J

$= 17.676$ MeV $[\because 1\ MeV = 1.6 \times 10^{-13}\ J]$

α কণার ভর ত্রুটি, $\Delta_{max} = 2m_p + 2m_n - m$

$= (2 \times 1.00758 + 2 \times 1.00867 - 4.0015)$ amu

$= 0.031$ amu

দেওয়া আছে,

নিউট্রনের ভর,

$m_n = 1.00867$ amu

প্রোটনের ভর, $m_p = 1.00758$ amu

$_2He^4$ এর ভর, $m = 4.0015$ amu

α কণার বন্ধনশক্তি $= 0.031 \times 1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$ J

$= 4.6314 \times 10^{-12}$ J $= 28.946$ MeV

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি < α কণার বন্ধনশক্তি

$\therefore$ বিক্রিয়াটিতে উৎপন্ন শক্তি α কণাকে সম্পূর্ণ ভাঙতে সক্ষম হবে না।

প্রশ্ন ▸ ১৩ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৩

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুতে 13.4 eV শক্তির আলো ফেলা হলো এবং সব শক্তি শোষিত হলো। উল্লেখ্য যে, হাইড্রোজেন পরমাণুতে ইলেকট্রনটি ১ম শক্তিস্তরে অবস্থান করছিল।

দেওয়া আছে, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js; $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ Nm^2C^{-2}$;

$E_1 = -13.6$ eV।

ক. তড়িচ্চালক বল কাকে বলে? ১

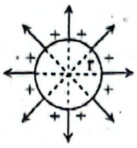
খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য অ্যাংস্ট্রম এককে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনটির চূড়ান্ত অবস্থান গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু থেকে উৎস সহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ হয় বা উৎসের যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে ঐ বর্তনী বা উৎসের তড়িচ্চালক বল বলে।



খ কোনো গোলাকার পরিবাহীর চার্জ এর পৃষ্ঠে সুষমভাবে বিন্যস্ত থাকে। তাই পৃষ্ঠের সকল চার্জ-এর কেন্দ্রে পুঞ্জিভূত আছে কল্পনা করলেও এর ক্ষেত্রের (Field) কোন পরিবর্তন হয় না। পৃষ্ঠে অর্থাৎ কেন্দ্র হতে r দূরত্বে

বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

ধারকত্ব, $C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\times\frac{q}{r}} = 4\pi\epsilon_0 r$

গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 r$

অর্থাৎ, $C \propto r$ বা ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ আমরা জানি,

আলোর শক্তি, $E = hf$

যেখানে, h = প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক এবং f = আলোর কম্পাঙ্ক।

বা, $E = h \times \frac{c}{\lambda}$ [$\because c = f\lambda$]

বা, $\lambda = \frac{hc}{E}$

বা, $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.144 \times 10^{-18}}$

বা, $\lambda = 9.277 \times 10^{-8}$ m

$\therefore \lambda = 927.71$ Å **(Ans.)**

দেওয়া আছে,

আপতিত আলোর শক্তি,

$E = 13.4$ eV

$= 13.4 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$= 2.144 \times 10^{-18}$ J

$\therefore$ তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

ঘ সব শক্তি শোষণ করার পর ইলেকট্রনের শক্তির পরিমাণ,

$E_2 = E_1 + E$

$= -13.6 \text{ eV} + 13.4 \text{ eV}$

$= -0.2$ eV

এখানে,

ইলেকট্রনের পূর্বের অবস্থান বা ১ম কক্ষপথের শক্তি

$E_1 = -13.6$ eV

আলোর শক্তি, $E = 13.4$ eV

ধরি, শক্তি শোষণ করায় ইলেকট্রনটি n তম কক্ষপথে চলে যায়।

আমরা জানি, n তম কক্ষপথের ইলেকট্রনের শক্তি, $E_n = \frac{E_1}{n^2}$

বা, $n^2 = \frac{E_1}{E_n}$

বা, $n = \sqrt{\frac{E_1}{E_n}} = \sqrt{\frac{-13.6}{-0.2}}$

এখানে,

$E_n = E_2 = -0.2$ eV

$\therefore n = 8.25 \approx 8$

সুতরাং, উদ্দীপকের হাইড্রোজেনের পরমাণুর ইলেকট্রনের চূড়ান্ত অবস্থান অষ্টম কক্ষপথ।

প্রশ্ন ▶ ১৪ মুয়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৭

X এবং Y দুটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ। X-পদার্থটির 1 g থেকে প্রতি সেকেন্ডে 3.5×10^{10} সংখ্যক α কণা নিঃসৃত হয়। X-এর পারমাণবিক ভর 226 g। 4000 বৎসর পরে Y পদার্থটির $\frac{1}{32}$ অংশ অবশিষ্ট থাকে।

ক. আইসোটোপ কাকে বলে? ১

খ. রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২

গ. Y পদার্থটির ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থটি অধিকতর স্থায়ী হবে? যাচাই করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা সমান কিন্তু ভরসংখ্যা ভিন্ন তাদেরকে পরস্পরের আইসোটোপ বলে।

খ যে বিক্রিয়ায় এক বা একাধিক যৌগ পরিবর্তিত হয়ে ভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে কিন্তু উপস্থিত পরমাণুসমূহের কোনো পরিবর্তন হয় না তাকে রাসায়নিক বিক্রিয়া বলে। অপরদিকে কৃত্রিম উপায়ে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটিয়ে নতুন মৌল গঠন করার প্রক্রিয়াকে নিউক্লীয় বিক্রিয়া বলে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট শক্তি খুব কম, মাত্র eV ক্রমের। পক্ষান্তরে নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় শক্তির পরিমাণ অনেক বেশি, MeV ক্রমের।

গ আমরা জানি,

$N = N_o e^{-\lambda t}$

বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_o}$

বা, $-\lambda \times 4000 = \ln\left(\frac{1}{32}\right)$

$\therefore \lambda = 8.66 \times 10^{-4}$/year **(Ans.)**

দেওয়া আছে,

t = 4000 year পর

Y পদার্থটির অবশিষ্ট থাকে,

$N = \frac{N_o}{32}$ বা, $\frac{N}{N_o} = \frac{1}{32}$

ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই, Y পদার্থের ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda_Y = 8.66 \times 10^{-4}$/year

$\therefore$ Y পদার্থের গড় আয়ু, $\tau_Y = \frac{1}{\lambda_Y} = \frac{1}{8.66 \times 10^{-4}}$ yr

$= 1154.73$ yr

X পদার্থের ক্ষেত্রে,

1 g এ পরমাণুর সংখ্যা, $N_{o(x)} = \frac{6.023 \times 10^{23}}{226} = 2.665 \times 10^{21}$ টি

দেওয়া আছে,

X পদার্থের 1g থেকে প্রতি সেকেন্ডে α কণা নিঃসৃত হয়= 3.5×10^{10} সংখ্যক

$\therefore \frac{dN_x}{dt} = 3.5 \times 10^{10}$

বা, $\lambda_x \cdot N_{o(x)} = 3.5 \times 10^{10}$

বা, $\lambda_x = \frac{3.5 \times 10^{10}}{2.665 \times 10^{21}}$

বা, $\lambda_x = 1.313 \times 10^{-11}$ s^{-1}

গড় আয়ু, $\tau_x = \frac{1}{\lambda_x} = \frac{1}{1.313 \times 10^{-11}}$ s

$= 7.616 \times 10^{10}$ s

$= \frac{7.616 \times 10^{10}}{365 \times 24 \times 60 \times 60}$ yr

$= 2415.06$ yr

$\therefore \tau_x > \tau_y$

অর্থাৎ, উদ্দীপকের X তেজস্ক্রিয় পদার্থটি অধিকতর স্থায়ী হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৭

একখণ্ড রেডিয়ামের ভর 5 g। 1 g রেডিয়াম $\left({}^{266}_{88}\text{Ra}\right)$ হতে প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 3.7×10^{10} টি পরমাণু ভেঙ্গে যায়। একজন শিক্ষার্থী হিসাব করে বলল 600 বছর পরেও রেডিয়াম 2 g অবশিষ্ট থাকবে।

ক. ভর ত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. ${}^{A}_{Z}X$ মৌলটি হতে একটি α কণা নিঃসরণ হতে মৌলটির সংকেত কী হবে? ২

গ. রেডিয়ামের অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. শিক্ষার্থীর বক্তব্য সঠিক কি না? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভর ত্রুটি বলে।

খ আমরা জানি,

কোনো পরমাণু হতে আলফা কণা নির্গত হলে নতুন পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা মূল পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা হতে দুই এবং ভর সংখ্যা মূল পরমাণুর ভর-সংখ্যা হতে চার কম হবে। ${}^{A}_{Z}X$ মৌলটি হতে একটি α কণা নিঃসরণ হলে মৌলটির সংকেত হবে— ${}^{(A-4)}_{(Z-2)}X$

গ দেওয়া আছে, অক্ষত পরমাণু, $N = 1\ g$

$$= \frac{1}{266} \times 6.023 \times 10^{23}\text{টি}$$

$$= 2.264 \times 10^{21}\ \text{টি}$$

প্রতি সেকেন্ডে পরমাণু ভাঙ্গে, $\frac{dN}{dt} = -3.7 \times 10^{10}$ টি

আমরা জানি, $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

বা, $\lambda = -\frac{\frac{dN}{dt}}{N}$ বা, $\lambda = \frac{3.7 \times 10^{10}}{2.264 \times 10^{21}}$

$\therefore \lambda = 1.634 \times 10^{-11}\ s^{-1}$

$\therefore$ মৌলটির অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 4.242 \times 10^{10}\ s = 1345.13y$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$N = N_o e^{-\lambda t}$

বা, $N = 5 \times e^{-1.634 \times 10^{-11} \times 600 \times 365 \times 86400}$

$\therefore N = 3.67\ g$

শিক্ষার্থীদের বক্তব্য মতে, 2g রেডিয়াম অবশিষ্ট থাকবে। কিন্তু গাণিতিকভাবে দেখা যায় অবশিষ্ট থাকবে 3.67 g।

$\therefore$ শিক্ষার্থীর বক্তব্য সঠিক নয়।

দেওয়া আছে,

রেডিয়ামের নমুনা, $N_o = 5g$

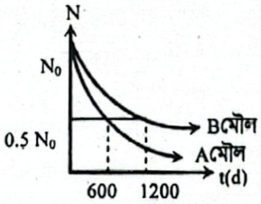
'গ' হতে পাই,

ক্ষয় ধ্রুবক,

$\lambda = 1.634 \times 10^{-11} s^{-1}$

$\therefore t = 600$ years পর অক্ষত রেডিয়ামের ভর, $N = ?$

প্রশ্ন ▶ ১৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৬



ক. নিউক্লিয়ার বন্ধন শক্তি কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব এর ভরসংখ্যার উপর নির্ভর করে না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের A মৌলের গড় আয়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A মৌলের 60% ক্ষয় হতে যে সময় লাগে, B মৌলের 30% ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো প্রয়োজনীয় সংখ্যক নিউক্লিয়ন একত্রিত হয়ে একটি স্থায়ী নিউক্লিয়াস গঠন করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত বা শোষিত হয় তাকে নিউক্লীয় বন্ধন শক্তি বলে।

খ কোনো নিউক্লিয়াসের ভর ও আয়তনের অনুপাতই ঐ নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব। ধরি, নিউক্লিয়াসের নিউক্লিয়নের গড় ভর m, ব্যাসার্ধ r, নিউক্লিয়ন সংখ্যা A হলে, নিউক্লিয়াসের ভর, $M = mA$ এবং মোট আয়তন,

$V = \frac{4}{3}\pi r^3$। নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব $\rho = \frac{M}{V}$

বা, $\rho = \frac{mA}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3mA}{4\pi(r_o A^{\frac{1}{3}})^3}$ [নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ, $r = r_o A^{\frac{1}{3}}$]

$$= \frac{3\ mA}{4\pi r_o^3 A} = \frac{3m}{4\pi r_o^3}\ \frac{3\ m}{4\pi r_o^3}$$

ডানপক্ষে ভরসংখ্যা A এর অনুপস্থিতিই প্রকাশ করে নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব এর ভর সংখ্যার.উপর নির্ভর করে না।

গ আমরা জানি,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$

বা, $-\lambda \times 600 = \ln(0.5)$

$\therefore \lambda = 1.155 \times 10^{-3}\ day^{-1}$

দেওয়া আছে,

$t = 600$ day তে A মৌলের অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, $N = 0.5\ N_o$

যেখানে, N_o হচ্ছে পর্যবেক্ষণের শুরুতে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা।

$\therefore$ A মৌলের গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1.155 \times 10^{-3}}$ day

$= 865.617$ day **(Ans.)**

ঘ লেখচিত্র হতে দেখতে পাই,

A মৌলের অর্ধায়ু, $T_A = 600$ day

B মৌলের অর্ধায়ু, $T_B = 1200$ day

'গ' হতে পাই,

$\therefore$ A মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক $\lambda_A = 1.155 \times 10^{-3}\ day^{-1}$

$\therefore$ B মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_B = \frac{\ln 2}{T_B}$

$$= \frac{\ln 2}{1200} = 5.776 \times 10^{-4}\ day^{-1}$$

ধরি, A মৌলের 60% ক্ষয় বা 40% অক্ষত থাকবে সময় প্রয়োজন t_A

$\therefore \frac{N}{N_o} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5}$

এখন, $N = N_0 e^{-\lambda_A t_A}$

বা, $e^{-\lambda_A t_A} = \ln\frac{N}{N_0}$

বা, $-\lambda_A t_A = \ln\left(\frac{2}{5}\right)$

বা, $t_A = \frac{\ln\left(\frac{2}{5}\right)}{-1.155 \times 10^{-3}}$ $\therefore t_A = 793.33$ day

আবার, B মৌলের 30% ক্ষয় বা 70% অক্ষত থাকতে সময় প্রয়োজন t_B

$\therefore \frac{N}{N_o} = \frac{70}{100} = \frac{7}{10}$

এখন, $N = N_0 e^{-\lambda_B t_B}$

বা, $e^{-\lambda_B t_B} = \frac{N}{N_o}$

বা, $t_B = \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{-\lambda_B}$ বা, $t_B = \frac{\ln\left(\frac{7}{10}\right)}{-5.776 \times 10^{-4}}$ $\therefore t_B = 617.512$ day

এখানে, $t_A \neq t_B$

$\therefore$ A মৌলের 60% ক্ষয় হতে যে সময় লাগে, B মৌলের 30% ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▸ ১৭ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৭**

ইউরেনিয়ামের অর্ধায়ু 700 মিলিয়ন বছর। নিউট্রন ও ইউরেনিয়ামের সংঘর্ষে তেজস্ক্রিয় শক্তি নির্গত হয়। যদি ভরগুলো ${}^{235}_{92}U = 235.0439$ amu, ${}^{141}_{56}Ba = 140.9139$ amu, ${}^{92}_{36}Kr = 91.8973$ amu ও ${}^{1}_{0}n = 1.0087$ amu হয়। [1 amu $= 1.6604 \times 10^{-27}$ kg]

ক. রেডিও আইসোটোপ কী? ১

খ. পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট শক্তি সর্বদা ঋণাত্মক হয়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ইউরেনিয়ামের 40% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তির পরিমাণ 200 MeV এর অধিক হইবে কিনা? তোমার উত্তর গাণিতিক বিশ্লেষণে দাও। 8

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কতকগুলো আইসোটোপে অল্প সময়ের জন্য কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা দেখা যায়। এগুলোই হলো রেডিও আইসোটোপ।

খ ইলেকট্রনের ভর m, শূন্যস্থানের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা $\in_o$, ইলেকট্রনের চার্জ e এবং প্লাংকের ধ্রুবক h হলে, n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $E_k = \frac{me^4}{8n^2h^2\in_o{}^2}$; এবং বিভব শক্তি, $E_p = -\frac{me^4}{4n^2h^2\in_o{}^2}$ সুতরাং n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের মোট শক্তি,

$$E_T = E_K + E_P = \frac{me^4}{8n^2h^2\in_o{}^2} - \frac{me^4}{4n^2h^2\in_o{}^2} = -\frac{me^4}{8n^2h^2\in_o{}^2}$$

n, h, $\in_o$, m, e সকল রাশির মান ধনাত্মক হওয়ায় স্পষ্টত, উক্ত মোট শক্তি E_T ঋণাত্মক। এভাবে পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট শক্তি সর্বদা ঋণাত্মক হওয়ার তাৎপর্য হলো উক্ত ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে বাইরে থেকে শক্তি খরচ করতে হয়।

গ ধরি, ইউরেনিয়ামের 40% ক্ষয় বা 60% অক্ষত থাকতে সময় প্রয়োজন t years.

$$\frac{N}{N_0} = \frac{60}{100} = \frac{3}{5}$$

দেওয়া আছে,
ইউরেনিয়ামের অর্ধায়ু,
$T_{\frac{1}{2}} = 700$ মিলিয়ন বছর
$= 700 \times 10^6$ years

ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{700 \times 10^6} = 9.90 \times 10^{-10}\ \text{year}^{-1}$

আমরা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$

বা, $t = \frac{\ln\left(\frac{3}{5}\right)}{-9.90 \times 10^{-10}}$

বা, $t = 515.876 \times 10^6$ years

$\therefore t = 515.876$ million years. **(Ans.)**

ঘ এখানে,

${}_{92}U^{235}$ এর ভর $= 235.0439$ a.m.u
${}_{56}Ba^{141}$ এর ভর $= 140.9139$ a.m.u
${}_{36}Kr^{92}$ এর ভর $= 91.8973$ a.m.u
${}_{0}n^{1}$ এর ভর $= 1.0087$ a.m.u

উদ্দীপকের বিক্রিয়াটি হলো:

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n$$

$\therefore$ ভর ত্রুটি $= m({}_{92}U^{235}) + m({}_{0}n^{1})$
$- [m({}_{56}Ba^{141}) + m({}_{36}Kr^{92}) + 3m({}_{0}n^{1})]$
$= m({}_{92}U^{235}) - m({}_{56}Ba^{141}) - m({}_{36}Kr^{92}) - 2m({}_{0}n^{1})$
$= [235.0439 - 140.9139 - 91.8973 - 2 \times 1.0087]$ a.m.u
$= 0.2153$ a.m.u

ফিশন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি = ভর ত্রুটি × 931.5 MeV
$= 0.2153 \times 931.5$ MeV
$= 200.55\ \text{MeV} > 200\ \text{MeV}$

$\therefore$ নির্গত শক্তির পরিমাণ 200 MeV এর অধিক হবে।

প্রশ্ন ▸ ১৮ **সিলেট বোর্ড ২০২৩ ▌প্রশ্ন নং ৭**

সুমি গবেষণাগারে A, B ও C তিনটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের নমুনা নিয়ে পরীক্ষা করছিল। কোনো এক মুহূর্তে A ও B পদার্থের ভাঙনের হার যথাক্রমে $500\ s^{-1}$ ও $400\ s^{-1}$ এবং 5 s পর যথাক্রমে $400\ s^{-1}$ ও $300\ s^{-1}$ পর্যবেক্ষণ করল। C নমুনার গায়ে অর্ধায়ু 36 d লেখা ছিল।

ক. নিউক্লিয় বন্ধনশক্তি কাকে বলে? ১

খ. হাইড্রোজেন পরমাণুর ১ম কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের বেগ অপেক্ষা ২য় কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের বেগ কম– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. C মৌলের তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B মৌলের তেজস্ক্রিয়তা সমান কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো প্রয়োজনীয় সংখ্যক নিউক্লিয়ন একত্রিত হয়ে একটি স্থায়ী নিউক্লিয়াস গঠন করতে যে পরিমাণশক্তি নির্গত বা শোষিত হয় তাকে নিউক্লিয় বন্ধন শক্তি বলে।

খ হাইড্রোজেন n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের বেগ,

$$v_n = \frac{e}{\sqrt{4\pi\in_o m r_n}}$$

যেখানে, r_n = n তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ। প্রদত্ত সমীকরণে ইলেকট্রনের চার্জ e, ভেদনযোগ্যতা ($\in_o$), ইলেকট্রনের ভর (m) ধ্রুবক বলে।

$$v_n \propto \frac{1}{\sqrt{r_n}}$$

অর্থাৎ, ব্যাসার্ধ বাড়লে বেগ কমে। আর তাই ২য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ প্রথম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ থেকে বেশি বলে ১ম কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের বেগ অপেক্ষা ২য় কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের বেগ কম।

গ আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

বা, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{36}$

এখানে,
অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 36d$
ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = ?$

$\therefore \lambda = 0.01925\ d^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ A পদার্থের ক্ষেত্রে,

$\frac{dN_{A_0}}{dt} = -\lambda_1 N_{A_0} = 500$ ......(i)

5s পরে,

$\frac{dN_A}{dt} = -\lambda_1 N_A = 400$ ....(ii)

(ii) ÷ (i) থেকে পাই,

$\frac{400}{500} = \frac{-\lambda_1 N_A}{-\lambda_1 N_{A_0}}$

$\therefore \frac{N_A}{N_{A_0}} = \frac{4}{5}$ ....(iii)

দেওয়া আছে,
A পদার্থের আদি ভাঙ্গানের হার,
$\frac{dN_{A_0}}{dt} = 500\ s^{-1}$
A পদার্থের শেষ ভাঙ্গানের হার,
$\frac{dN_A}{dt} = 400\ s^{-1}$
B পদার্থের আদি ভাঙ্গানের হার,
$\frac{dN_{B_0}}{dt} = 400\ s^{-1}$

আমরা জানি,

$N_A = N_{A_0}e^{-\lambda_1 t}$

বা, $e^{-\lambda_1 \times 5} = \frac{N_A}{N_{A_0}}$

বা, $e^{-\lambda_1 \times 5} = \frac{4}{5}$

$\therefore \lambda_1 = 0.045\ s^{-1}$

B পদার্থের শেষ ভাঙ্গনের হার,

$\frac{dN_B}{dt} = 300\ s^{-1}$

B পদার্থের ক্ষেত্রে, $\frac{dN_{B_0}}{dt} = -\lambda_2 N_{B_0} = 400$ ....(iv)

5s পরে, $\frac{dN_{B_0}}{dt} = -\lambda_2 N_B = 300$ ....(v)

(v) ÷ (iv) থেকে পাই,

$\frac{300}{400} = \frac{-\lambda_2 N_B}{-\lambda N_{B_0}}$

$\therefore \frac{N_B}{N_{B_0}} = \frac{3}{4}$ ....(vi)

আমরা জানি, $N_B = N_{B_0}\, e^{-\lambda_2 t}$

বা, $e^{-\lambda_2 \times 5} = \frac{N_B}{N_{B_0}} = \frac{3}{4}$

$\therefore \lambda_2 = 0.058\ s^{-1}$

এখন, $\lambda_2 > \lambda_1$ অর্থাৎ প্রতি সেকেন্ডে B এর ভাঙ্গনের হার বেশি। আর তাই A ও B মৌলের তেজস্ক্রিয় সমান নয় বরং B এর তেজস্ক্রিয়তা বেশি।

প্রশ্ন ▶ ১৯ **যশোর বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭**

Y তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধায়ু 3.82 দিন। ল্যাব পর্যবেক্ষণে জানা গেল 17.74 দিন পর মৌলটির $\frac{24}{25}$ অংশ ক্ষয় হয়।

ক. গড় আয়ু কী? ১

খ. NOR gate কে সার্বজনীন gate বলা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে মৌলটির 65% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের পর্যবেক্ষণটি সঠিক ছিল কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় পরমাণুর আয়ুর যোগফলকে পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে যে আয়ু পাওয়া যায়, তা-ই ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু।

খ একাধিক NOR গেট ব্যবহার করে অন্য যেকোনো গেট তৈরি করা সম্ভব। শুধু NOR গেট ব্যবহার করে দুই বা ততোধিক ইনপুট এর AND, OR, NOT মৌলিক অপারেশনগুলো করা সম্ভব তাই NOR কে সার্বজনীন গেট বলা হয়।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5.786 day।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** উদ্দীপকের পর্যবেক্ষণটি সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▶ ২০ **বরিশাল বোর্ড ২০২৩ । প্রশ্ন নং ৭**

X তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধায়ু 3.82 দিন। ল্যাব পর্যবেক্ষণে জানা গেল 17.74 দিন পরে মৌলটির অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা প্রারম্ভিক মানের $\frac{1}{25}$ অংশ।

ক. ক্ষয় ধ্রুবক কী? ১

খ. NAND কে সার্বজনীন gate বলা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে মৌলটির 85% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকমতে পর্যবেক্ষণটি সঠিক ছিল কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাই ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক।

খ একাধিক NAND গেট ব্যবহার করে অন্য যেকোনো গেট তৈরি করা সম্ভব। শুধু NAND গেট ব্যবহার করে দুই বা ততোধিক ইনপুট এর AND, OR, NOT মৌলিক অপারেশনগুলো করা সম্ভব। তাই NAND কে সার্বজনীন গেট বলা হয়।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 10.45 day।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{25}$ অর্থাৎ, পর্যবেক্ষণটি সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▶ ২১ **ঢাকা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬, রাজশাহী বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬**

2010 সালে 20g ভরের দুটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ ছিলো। যার একটির গড় আয়ু 12.5 বছর। 2020 সালে অন্যটির 8 g অবশিষ্ট থাকে।

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. বোরের পরমাণু মডেলের সাহায্যে কিভাবে রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা দূর করা হয়েছে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রথম পদার্থটির অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 2030 সালে উভয় পদার্থ সমপরিমাণ অবশিষ্ট থাকবে কিনা— যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যই হলো ভরত্রুটি।

খ রাদারফোর্ডের মডেল অনুযায়ী আবর্তনশীল ইলেকট্রন প্রতিনিয়ত তাড়িতচৌম্বক শক্তি বিকিরণ করবে। ফলে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসে পতিত হবে এবং পরমাণুর স্থায়ী গঠন থাকবে না।

কিন্তু বোরের মতবাদ অনুযায়ী ইলেকট্রন যখন উচ্চ শক্তিস্তর থেকে নিম্ন শক্তিস্তরে আসে তখন শক্তি বিকিরণ করে আবার নিম্ন শক্তিস্তর থেকে উচ্চ শক্তিস্তরে গেলে শক্তি শোষণ করে। এতে করে ইলেকট্রনসমূহের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে পতিত না হওয়ার ঘটনার ব্যাখ্যা পাওয়া যায়। এভাবে রাদারফোর্ডের মডেলের ত্রুটি দূর হয়।

গ আমরা জানি,

$T_{\frac{1}{2}} = 0.693\tau$

$= 0.693 \times 12.5\ y$

$= 8.6625\ y$ (Ans.)

এখানে,

গড় আয়ু, $\tau = 12.5\ y$

অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = ?$

ঘ প্রথম পদার্থটির ক্ষয়ধ্রুবক,

$\lambda_1 = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{8.6625\ yr}$

$= 0.08\ yr^{-1}$

এখানে,

'গ' থেকে পাই,

প্রথম পদার্থের অর্ধায়ু, $T_{½} = 8.6625\ yr$

দ্বিতীয় পদার্থটির ক্ষেত্রে,

2010 থেকে 2020 সময়ের ব্যবধানে, অর্থাৎ, 10 বছর পর

অবশিষ্ট পরিমাণ $N_2' = N_2 e^{-\lambda_2 t}$

$\therefore -\lambda_2 t = ln\left(\frac{N_2'}{N_2}\right)$

or, $\lambda_2 = -\frac{ln\left(\frac{N_2'}{N_2}\right)}{t} = \frac{-ln\left(\frac{8}{20}\right)}{10}$

$= 0.091\ yr^{-1}$

এখানে,

10 বছর পর দ্বিতীয় পদার্থের অবশিষ্ট পরিমাণ, $N_2' = 8\ g$

দ্বিতীয় পদার্থটির প্রারম্ভিক পরিমাণ, $N_2 = 20\ g$

সময়, $t = 10$ বছর

দ্বিতীয় পদার্থটির ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_2 = ?$

2030 সালে, অর্থাৎ, 20 বছর পর,
প্রথম পদার্থটির অবশিষ্ট পরিমাণ,

$N'_1 = N_1 e^{-\lambda_1 t}$

$N'_1 = 20 \times e^{-0.08 \times 20}$

$= 4.03$ g

দ্বিতীয় পদার্থটির অবশিষ্ট পরিমাণ,

$N'_2 = N_2 e^{-\lambda_2 t}$

$= 20 \times e^{-0.091 \times 20}$

$= 3.24$ g

$\because N'_1 \neq N'_2$

$\therefore$ 2030 সালে উভয় পদার্থ সমপরিমাণে অবশিষ্ট থাকবেনা।

এখানে,
20 বছর পর প্রথম পদার্থের অবশিষ্ট পরিমাণ, $N'_1 = ?$
প্রথম পদার্থের প্রারম্ভিক পরিমাণ $N_1 = 20$ g
প্রথম পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda_1 = 0.08$
সময়, $t = 20$ বছর
20 বছর পর দ্বিতীয় পদার্থটির অবশিষ্ট পরিমাণ, $N'_2 = ?$
দ্বিতীয় পদার্থের প্রারম্ভিক পরিমাণ, $N_2 = 20$ g
দ্বিতীয় পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক,
$\lambda_2 = 0.091$

প্রশ্ন ▶ ২২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৬

একটি উত্তেজিত পরমাণুর ইলেকট্রন ৪র্থ শক্তিস্তর হতে ২য় শক্তিস্তরে ফিরে আসার সময় তড়িৎ চুম্বকীয় বিকিরণ ঘটে। ইলেকট্রনের ভর ও আধান যথাক্রমে 9.11×10^{-31} kg ও -1.6×10^{-19} C। শূন্যস্থানের ভেদন যোগ্যতা 8.854×10^{-12} $C^2N^{-1}m^{-2}$ এবং প্লাংকের ধ্রুবকের মান 6.63×10^{-34} J.s। দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গসীমা 4×10^{-7} m থেকে 8×10^{-7} m।

ক. তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. যে নিউক্লিয়াসের গড় বন্ধনশক্তি বেশি তার স্থায়িত্বকাল বেশি— কেন? ২
গ. দ্বিতীয় শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত তড়িৎ চুম্বকীয় বিকিরণ দৃশ্যমান হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

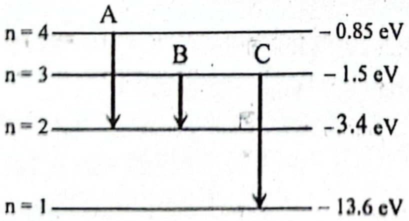
ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ আমরা জানি, কতগুলো ধনাত্মক চার্জগ্রস্থ প্রোটন ও চার্জ নিরপেক্ষ নিউট্রন সমন্বয়ে নিউক্লিয়াস গঠিত। ধনাত্মক চার্জ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। তা সত্ত্বেও এরা একত্রে নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে বন্ধন শক্তির জন্য। নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি যে সকল পদার্থের ক্ষেত্রে বেশি সেগুলোর স্থায়িত্ব বেশি। কম ভরসংখ্যা বিশিষ্ট পরমাণুর বন্ধন শক্তি বেশি হয় বলে এদের স্থায়ীত্ব বেশি হয়। বেশি ভর সংখ্যা বিশিষ্ট মৌলের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি কম বলে এগুলোর ভাঙ্গন ঘটে এবং তেজস্ক্রিয় বিকিরণের মাধ্যমে নতুন মৌলের সৃষ্টি হয়। সুতরাং বলা যায়, যে নিউক্লিয়াসের গড় বন্ধন শক্তি বেশি তার স্থায়িত্বকাল বেশি।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.13Å।

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।
উত্তর: উল্লেখিত তড়িৎচুম্বকীয় বিকিরণ এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 486.2 nm সুতরাং, দৃশ্যমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ ‖ প্রশ্ন নং ৭



চিত্রে হাইড্রোজেন পরমাণুর শক্তিস্তর দেখানো আছে এবং ইলেকট্রন স্থানান্তরের ক্ষেত্রে A, B এবং C তিনটি ধাপ দেখানো হয়েছে যেন কোনো একটি হতে 6513 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটন কণা নির্গত হয়। [$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}, $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js]

ক. গড় আয়ু কাকে বলে? ১
খ. একটি নিউক্লিয়াসের স্থায়িত্ব নির্ভর করে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তির উপর— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. n = 2 শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের প্রদত্ত তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটন কণা নিঃসরণের জন্য A, B এবং C এর মধ্যে কোনটি দায়ী— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে তোমার সিদ্ধান্ত দাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় পরমাণুর আয়ুর যোগফলকে পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে যে আয়ু পাওয়া যায় তাকে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু বলে।

খ আমরা জানি, কতগুলো ধনাত্মক চার্জগ্রস্থ প্রোটন ও চার্জ নিরপেক্ষ নিউট্রন সমন্বয়ে নিউক্লিয়াস গঠিত। ধনাত্মক চার্জ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। তা সত্ত্বেও এরা একত্রে নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে বন্ধন শক্তির জন্য। নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি যে সকল পদার্থের ক্ষেত্রে বেশি সেগুলোর স্থায়িত্ব বেশি। কম ভরসংখ্যা বিশিষ্ট পরমাণুর বন্ধন শক্তি বেশি হয় বলে এদের স্থায়ীত্ব বশি হয়। বেশি ভর সংখ্যা বিশিষ্ট মৌলের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি কম বলে এগুলোর ভাঙ্গন ঘটে এবং তেজস্ক্রিয় বিকিরণের মাধ্যমে নতুন মৌলের সৃষ্টি হয়। সুতরাং বলা যায়, একটি নিউক্লিয়াসের স্থায়িত্ব নির্ভর করে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তির উপর।

গ ৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.1×10^6 ms^{-1}।

ঘ আমরা জানি,

λ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটনের শক্তি,

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6513 \times 10^{-10}}$$

$$= 3.04 \times 10^{-19} \text{ J}$$

এখানে,
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.6 \times 10^{-34}$ J.s
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}
তরঙ্গদৈর্ঘ্য,
$\lambda = 6513$ Å
$= 6513 \times 10^{-10}$ m

$\therefore$ বিকিরিত ফোটনের শক্তি $= 3.04 \times 10^{-19} \text{ J} = \frac{3.04 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$ eV

$= 1.906$ eV।

বোরের মডেল অনুযায়ী বিকিরিত ফোটনের শক্তি = স্থানান্তরিত ইলেকট্রনের কক্ষপথদ্বয়ের মধ্যবর্তী শক্তির পার্থক্য।

উদ্দীপকের A ধাপের ক্ষেত্রে n = 4 থেকে n = 2 তে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়।

$\therefore$ শক্তির পার্থক্য $= |-3.4 - (-0.85)|$ eV $= 2.55$ eV

B ধাপের ক্ষেত্রে শক্তির পার্থক্য $= |-3.4 - (-1.5)|$ eV $= 1.9$ eV

C ধাপের ক্ষেত্রে শক্তির পার্থক্য $= |-13.6 - (-1.5)|$ eV

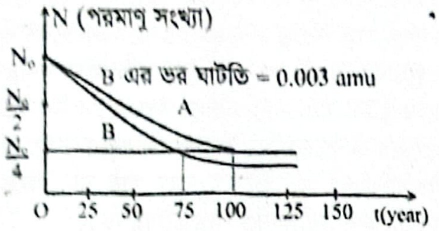
$= 12.1$ eV

দেখা যাচ্ছে, B ধাপের ক্ষেত্রে শক্তির পার্থক্য উক্ত ফোটনের শক্তির প্রায় সমান।

$\therefore$ উক্ত ফোটন কণা নিঃসরণের জন্য B ধাপটি দায়ী।

প্রশ্ন ▶ ২৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৬

বিজ্ঞানীরা ল্যাবরেটরিতে দুটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ রেখে লক্ষ করেন যে, পদার্থ দু'টি নিম্নের লেখচিত্র অনুযায়ী তেজস্ক্রিয় বিকিরণ করে:



ক. বোরের পরমাণু মডেলের ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ সংক্রান্ত স্বীকার্য লিখো। ১

খ. কোনো একটি স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর ও এর উপাদানিক কণাগুলোর মুক্ত অবস্থার মিলিত ভর সমান হয় না কেন? ২

গ. B মৌলটির বন্ধন শক্তি eV এ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে A ও B মৌলের গড় আয়ু কি এক হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ইলেকট্রন স্বেচ্ছানুযায়ী যে কোনো কক্ষপথে আবর্তন করতে পারবে না, এমন কতকগুলো নির্দিষ্ট কক্ষপথে আবর্তন করবে যেখানে এর কৌণিক ভরবেগ $\frac{h}{2\pi}$ -এর পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক।

খ নিউক্লিয়াসে সমপ্রকৃতির (ধনাত্মক) আধানের এক বা একাধিক প্রোটন থাকে। এ প্রোটনগুলোকে পরস্পরের সাথে এবং নিউট্রনগুলোর সাথে আবদ্ধ রাখতে শক্তির দরকার হয়। এটি হলো বন্ধন শক্তি যা এক প্রকার বিভবশক্তি। নিউক্লিয়নগুলো যখন একত্রিত হয় তখন এদের সামষ্টিক ভরের সামান্য অংশ $E = \Delta m.c^2$ সূত্রানুসারে উক্ত বিভবশক্তিতে পরিণত হয়। তাই কোনো নিউক্লিয়াসের প্রতিটি নিউক্লিয়নের পৃথক পৃথক ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের মোট ভর সামান্য কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভর ত্রুটি বলে। এ কারণে কোনো একটি স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর ও এর উপাদানিক কণাগুলোর মুক্ত অবস্থার মিলিত ভর সমান হয় না।

গ B মৌলটির নিউক্লিয়াসের ভরত্রুটি, $\Delta m = 0.003$ amu

$\therefore$ B মৌলটির বন্ধন শক্তি $= 0.003 \times 931$ $[\because 1 \text{ amu} = 931 \text{ MeV}]$

$= 2.793$ MeV

$= 2.793 \times 10^6$ eV **(Ans.)**

ঘ

A মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক λ_A হলে,

$N_A = N_0 e^{-\lambda_A t_A}$

বা, $\frac{N_A}{N_0} = e^{-\lambda_A t_A}$

বা, $ln\left(\frac{N_A}{N_0}\right) = -\lambda_A t_A$

বা, $\lambda_A = \frac{-ln\left(\frac{NA}{N_0}\right)}{t_A}$

$= \frac{-\ln\left(\frac{\frac{N_0}{4}}{N_0}\right)}{100} = \frac{ln\, 4}{100} = 0.01386 \text{ yr}^{-1}$

এখানে,

লেখচিত্র থেকে

A ও B উভয় মৌলের আদি মোল সংখ্যা N_0

অবশিষ্ট মোল সংখ্যা $N_A = N_B = \frac{N_0}{4}$

A মৌলের সময়, $t_A = 100$ yr

B " " , $t_B = 75$ yr

অনুরূপভাবে, B মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক,

$$\lambda_B = \frac{-ln\left(\frac{N_B}{No}\right)}{t_B} = \frac{-\ln\left(\frac{\frac{N_0}{4}}{N_0}\right)}{75} = \frac{ln\, 4}{75} = 0.0184839 \text{ yr}^{-1}$$

এখন, A মৌলের গড় আয়ু, $\tau_A = \frac{1}{\lambda_A} = \frac{1}{0.01386} = 72.15$ yr

এবং B মৌলের গড় আয়ু, $\tau_B = \frac{1}{\lambda_B} = \frac{1}{0.0184839} = 54.1$ yr

$\therefore \tau_A \neq \tau_B$

$\therefore$ A ও B মৌলের গড় আয়ু এক হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭

ট্রিটিয়ামের অবক্ষয় ধ্রুবক 5.54×10^{-2} Y^{-1}।

ক. ক্ষয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে প্রদত্ত ট্রিটিয়ামের 64% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধায়ু অপেক্ষা গড় আয়ু বেশি— সত্যতা যাচাই করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাকে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ কোনো তেজস্ক্রিয় নমুনায় পরমাণু ভাঙ্গানের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণু সংখ্যার সমানুপাতিক।

কোনো তেজস্ক্রিয় নমুনায় যদি কোনো সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা N হয় এবং ঐ মুহূর্তে অতিক্ষুদ্র dt সময়ে dN সংখ্যক পরমাণুর ভাঙ্গন ঘটে, তবে তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্রানুসারে আমরা লিখতে পারি,

$-\frac{dN}{dt} \propto N$ বা, $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

এখানে, λ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক বা ক্ষয় ধ্রুবক বলে। এখন $N = 1$ হলে, $\lambda = -\frac{dN}{dt}$

অর্থাৎ, কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভেঙ্গে যাওয়ার সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক বলে।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 18.45 yr।

ঘ আমরা জানি,

$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$

$= \frac{0.693}{5.54 \times 10^{-2}}$

$= 12.50$ Y

উদ্দীপক হতে পাই,

অবক্ষয় ধ্রুবক,

$\lambda = 5.54 \times 10^{-2}$ Y^{-1}

অর্ধায়ু, $T_{1/2} = ?$

গড় আয়ু, $\tau = ?$

আবার, $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5.54 \times 10^{-2}} = 18.05$ Y

লক্ষ্যকরি, $\tau > T_{1/2}$

অতএব, উদ্দীপকে প্রদত্ত তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধায়ু অপেক্ষা গড় আয়ু বেশি।

প্রশ্ন ▶ ২৬ সিলেট বোর্ড ২০২২ । প্রশ্ন নং ৭

ট্রিটিয়াম একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ। এটি প্রতিনিয়ত ক্ষয় হচ্ছে। ট্রিটিয়ামের অর্ধায়ু 12.5 বছর।

ক. নিউক্লিয়াস কাকে বলে? ১

খ. পরমাণুর শক্তিস্তরের শক্তি ঋণাত্মক— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. 25 বছর পর একটি নির্দিষ্ট ট্রিটিয়াম বস্তুখণ্ডের কত অংশ অবশিষ্ট থাকবে? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ট্রিটিয়ামের 50% ক্ষয় হতে যে সময় লাগে তা তার গড় আয়ু অপেক্ষা বেশি না কম হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরমাণুর সব ধনাত্মক আধান ও প্রায় সমস্ত ভর তার কেন্দ্রে যে অতি অল্প পরিসরে কেন্দ্রীভূত থাকে তাকে নিউক্লিয়াস বলে।

খ ইলেকট্রনের ভর m, শূন্যস্থানের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা $\in_o$, ইলেকট্রনের চার্জ e, প্লাংকের ধ্রুবক h হলে n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $E_k = \frac{me^4}{8n^2h^2{\in_o}^2}$; এবং বিভব শক্তি, $E_p = -\frac{me^4}{4n^2h^2{\in_o}^2}$

সুতরাং n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের মোট শক্তি, $E_T = E_K + E_P$

$$= \frac{me^4}{8n^2h^2\in_o^2} - \frac{me^4}{4n^2h^2\in_o^2} = -\frac{me^4}{8n^2h^2\in_o^2}$$

$n^2, h^2, \in_o^2, m, e^4$ সকল রাশির মান ধনাত্মক হওয়ায় স্পষ্টত, পরমাণুর শক্তি স্তরের মোট শক্তি E_T ঋণাত্মক। আবার, ম্যাক্সওয়েলের তত্ত্বানুসারে, পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রনগুলোর ঘূর্ণনকালে শক্তির বিকিরণ ঘটে। এতে ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ করে ইলেকট্রনের আবর্তন চক্র কমতে থাকবে, ফলে নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রনের দূরত্ব কমে গিয়ে ইলেকট্রনটি শক্তি হারাবে বা বিকিরণ করবে। অর্থাৎ পূর্বেই ইলেকট্রনের শক্তি 0 J ছিলো এবং কক্ষপথে গেলে তা আরও শক্তি হারিয়ে ঋণাত্মক হয়ে যাবে। এভাবে পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট শক্তি সর্বদা ঋণাত্মক হওয়ার তাৎপর্য হলো— উক্ত ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে বাইরে থেকে শক্তি খরচ করতে হয়।

গ আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

বা, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{12.5} = 0.0554\ y^{-1}$

এখানে,
ট্রিটিয়ামের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 12.5$ y
ট্রিটিয়ামের ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = ?$

আমরা জানি,

$N = N_o e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_o} = e^{-\lambda t} = e^{-0.0554 \times 25}$

$= 0.25 = 0.25 \times 100\% = 25\%$

ট্রিটিয়ামের প্রারম্ভিক ভর, N_o
25 বছর পরে ট্রিটিয়ামের অবশিষ্ট ভরের অনুপাত, $\frac{N}{N_o} = ?$

সুতরাং, 25 বছর পরে একটি নির্দিষ্ট ট্রিটিয়ামের 25% পরিমাণ অবশিষ্ট থাকবে। **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

$\tau = \frac{1}{\lambda}$

$= \frac{1}{5.54 \times 10^{-2}}$

$= 18.05$ years

লক্ষ্যকরি, $\tau > T_{1/2}$

এখানে,
অবক্ষয় ধ্রুবক,
$\lambda = 5.54 \times 10^{-2}\ y^{-1}$ ['গ' হতে]
50% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময় বা অর্ধায়ু, $T_{1/2} = 12.5$ yr
গড় আয়ু, $\tau = ?$

∴ ট্রিটিয়ামের 50% ক্ষয় হতে যে সময় লাগে তা তার গড় আয়ু অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৭

যশোর বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৭

একটি পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে জ্বালানি হিসেবে বিজ্ঞানীরা U-235 ব্যবহার করে। এক বছর পর প্রতি মোল অর্থাৎ 6.02×10^{23} টি পরমাণু ভেঙে 1.02×10^{23} টি পরমাণু অক্ষত থাকে।

ক. ডোপিং কী? ১
খ. ব্যতিচারের ক্ষেত্রে উৎসদ্বয় খুবই কাছাকাছি রাখার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. U-235 এর অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩
ঘ. পরবর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা পূর্ববর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণু সংখ্যার সমান কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই হলো ডোপিং।

খ ব্যতিচারের ক্ষেত্রে উৎসগুলোর মধ্যকার দূরত্ব খুব ক্ষুদ্র হতে হয়। এই দুই সুসংগত উৎস হতে নির্গত রশ্মিসমূহের উপরিপাতনেই ব্যতিচার গঠিত হয়। উৎসগুলোর মধ্যবর্তী ব্যবধান খুব বেশি হলে পর্দায় এদের উপরিপাতিত হওয়ার ঘটনা ঘটে না। এছাড়া উৎসদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব খুব বেশি হলে তরঙ্গের কম্পনের দিক পরস্পর সমান্তরাল হয় না। তাই উপরিপাতনের বীজগাণিতিক সূত্র প্রয়োগ করা যায় না। ফলে স্পষ্ট উজ্জ্বল বিন্দু বা সম্পূর্ণ অন্ধকার বিন্দুও পাওয়া যায় না।

গ U-235 এর ক্ষয়ধ্রুবক λ হলে,

$N_1 = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N_1}{N_0} = \frac{1.02 \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{23}} = e^{-\lambda t}$

বা, $\lambda = -\ln\left(\frac{1.02}{6.02}\right) = 1.7752\ y^{-1}$

∴ অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{1.7752\ y^{-1}}$

$= 0.39$ year **(Ans.)**

এখানে,
প্রাথমিক অবস্থায় পরমাণুর সংখ্যা,
$N_0 = 6.02 \times 10^{23}$
1 বছর পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা $N_1 = 1.02 \times 10^{23}$
সময়, t = 1y
অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = ?$

ঘ আমরা জানি,

পরবর্তী এক বছর পর অবশিষ্ট অক্ষত U-235 পরমাণুর সংখ্যা, N′ হলে

$N' = N_0' e^{-\lambda t}$

$= 1.02 \times 10^{23} \times e^{-1.775 \times 1}$

$= 1.728 \times 10^{22}$

প্রথম বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা,

$= 6.02 \times 10^{23} - 1.02 \times 10^{23}$

$= 5 \times 10^{23}$

এখানে,
N_0' = প্রারম্ভিক অক্ষত U-235 পরমাণুর সংখ্যা
$= 1.02 \times 10^{23}$
U-235 এর ক্ষয়ধ্রুবক,
$\lambda = 1.775\ yr^{-1}$
t = 1 yr

পরবর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা $= N_0' - N'$

$= 1.02 \times 10^{23} - 1.728 \times 10^{22} = 8.472 \times 10^{22}$

$\because 5 \times 10^{23} > 8.472 \times 10^{22}$

∴ পরবর্তী বছর প্রথম বছরের তুলনায় কম সংখ্যক পরমাণু ভেঙে যাবে। অর্থাৎ, ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা পূর্ববর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যার সমান হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২৮

বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▮ প্রশ্ন নং ৬

মৌল	ভরসংখ্যা	প্রোটন সংখ্যা	নিউক্লিয়াসের ভর (amu)
Fe	56	26	56
U	235	92	235.0439

স্থির অবস্থায় প্রোটনের ভর = 1.00728 amu, নিউট্রনের ভর 1.00876 amu, 1 amu ভরের সমতুল্য শক্তি 931 MeV।

ক. নিউক্লিয়ার ফিশন কাকে বলে? ১
খ. আলফা রশ্মি তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় কিন্তু গামা রশ্মি হয় না— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ইউরেনিয়ামের ভরত্রুটি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত দুটি মৌলের কোনটি থেকে একটি নিউক্লিয়ন বের করা সহজ হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ দেখাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বিশেষ ধরনের নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় একটি ভারী নিউক্লিয়াস ভেঙে প্রায় সমান ভর বিশিষ্ট দুটি নিউক্লিয়াসে বিভাজিত হয় এবং বিপুল পরিমাণে শক্তি উৎপন্ন করে তাকে নিউক্লিয়ার ফিশন বলে।

খ আলফা রশ্মি মূলত ধনাত্মক আধানযুক্ত হিলিয়াম নিউক্লিয়াস। ফলস্বরূপ, এই রশ্মি তড়িৎক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় এটি তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়। অপরদিকে গামা রশ্মি মূলত তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ যা আধান নিরপেক্ষ। তাই কোনো তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা এটি বিক্ষিপ্ত হয় না কিংবা বিচ্যুত হয় না। তড়িৎ বল কেবল আহিত বস্তু কিংবা কণার উপরই ক্রিয়া করে; অনাহিত কিংবা আধান নিরপেক্ষ কণা বা বস্তুও উপর এর প্রভাব নেই। এই কারণে আলফা রশ্মি তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় কিন্তু গামা রশ্মি হয় না।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.87854 amu।

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসের ভরত্রুটি = 1.87854 amu

$\therefore$ ইউরেনিয়ামের বন্ধন শক্তি $= 1.87854 \times 931$ [$\because$ 1 amu = 931 MeV]

$= 1748.92$ MeV

ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \dfrac{1748.92}{235}$

$= 7.44$ MeV nucleon

আয়রন (Fe) ভর ত্রুটি $= 26 \times 1.00728 + (56 - 26) \times 1.00876 - 56$

$= 0.45208$ amu [Fe এর জন্য 'গ' নং এর মত মান বসিয়ে]

এবং বন্ধন শক্তি $= 0.45208 \times 931 = 420.886$ MeV

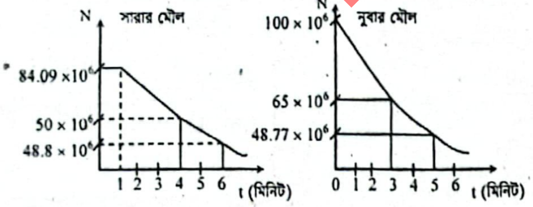
আয়রনের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \dfrac{420.886}{56}$

$= 7.52$ MeV nucleon

যেহেতু আয়রন (Fe) এর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তি ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তি অপেক্ষা বেশি, তাই ইউরেনিয়ামের থেকে একটি নিউক্লিয়ন বের করা সহজ হবে।

প্রশ্ন ▸২৯ ঢাকা বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৩

সারা ও নুবা দুই খণ্ড তেজস্ক্রিয় মৌল নিয়ে গবেষণা করছিল। তারা একই সময়ে গণনা শুরু করে। তাদের দু'জনের অক্ষত পরমাণু বনাম সময়ের লেখচিত্র নিম্নে দেখানো হলো:



ক. ভর ত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. X-রশ্মি ও γ-রশ্মির উৎপত্তিস্থল কী? ২

গ. গ্রাফ থেকে ডাটা ব্যবহার করে নুবার মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে কার মৌল আগে ভেঙে যাবে যাচাই করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়নগুলো মিলিত হয়ে নিউক্লিয়াস গঠনের সময় কিছুটা ভর অদৃশ্য হয়। একে ভর ত্রুটি বলে।

খ X রশ্মি হলো দ্রুত গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন কোনো শক্ত ধাতুতে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদনক্ষমতা সম্পন্ন নির্গত বিকিরণ। আবার, γ রশ্মি হলো তেজস্ক্রিয় মৌল হতে নির্গত বিকিরণ। সুতরাং, X রশ্মির উৎপত্তিস্থল হলো উচ্চ গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন দ্বারা আঘাতপ্রাপ্ত ধাতব পাত এবং γ রশ্মির উৎপত্তিস্থল তেজস্ক্রিয় মৌলের নিউক্লিয়াস।

গ উদ্দীপকের গ্রাফ থেকে দেখা যায়,

নুবার মৌলের আদি পরমাণুর সংখ্যা, $N_o = 100 \times 10^6$

$t = 5$ মিনিট পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N = 48.77 \times 10^6$

নুবার মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = ?$

আমরা জানি, $N = N_o e^{-\lambda t}$

বা, $ln\left(\dfrac{48.77 \times 10^6}{100 \times 10^6}\right) = -\lambda \times 5$ বা, $\lambda = \dfrac{ln\left(\dfrac{48.77}{100}\right)}{-5}$

$\therefore \lambda = 0.144\ \text{min}^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ "গ" অংশ হতে পাই,

নুবার মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = 0.144\ \text{min}^{-1}$

উদ্দীপকের গ্রাফ থেকে পাই,

সারার মৌলের আদি পরমাণুর সংখ্যা, $N_o = 84.09 \times 10^6$

$t' = 6$ মিনিট পর অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N' = 48.8 \times 10^6$

সারার মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক λ' হলে,

$$\lambda' = \frac{ln\left(\dfrac{N'}{N_o'}\right)}{-t'} = \frac{ln\left(\dfrac{48.8 \times 10^6}{84.09 \times 10^6}\right)}{-5} = 0.1088\ \text{min}^{-1}$$

অতএব, নুবার মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda >$ সারার মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক, λ'

অর্থাৎ, একটি নির্দিষ্ট অংশ ভাঙার ক্ষেত্রে নুবার মৌলটি আগে ভাঙবে।

প্রশ্ন ▸৩০ কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭ ‖ প্রশ্ন নং ৭

কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের বিভিন্ন সময়ে অক্ষত পরমাণু সংখ্যা নিচের ছকে দেয়া হল:

সময়, t (d)	0	8	t′	24
অক্ষত পরমাণু সংখ্যা, N	N_o	$\frac{N_o}{2}$	$\frac{N_o}{3}$	$\frac{N_o}{8}$

ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. x-অক্ষ বরাবর গতিশীল ইলেকট্রনের y-অক্ষ বরাবর অবস্থানের অনিশ্চয়তা কীরূপ হবে– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় বস্তুটির অবক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের t′ এর মান তেজস্ক্রিয় বস্তুটির গড় আয়ু অপেক্ষা বেশি হবে কী না– গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর এর গঠনকারী উপাদানসমূহের মুক্তাবস্থায় ভরের যোগফলের চেয়ে কিছুটা কম হতে দেখা যায়। ভরের এই পার্থক্যকে ভর ত্রুটি বলে।

খ x অক্ষ বরাবর গতিশীল ইলেকট্রনের y-অক্ষ বরাবর অবস্থানের অনিশ্চয়তা হবে অসীম।

কেননা, x অক্ষ বরাবর ইলেকট্রন গতিশীল হলে y অক্ষ বরাবর ইলেকট্রনের ভরবেগের অনিশ্চয়তা, $\Delta P_y = 0$ এখন, y অক্ষ বরাবর ইলেকট্রনটির অবস্থানের অনিশ্চয়তা ΔY হলে,

$\Delta y \times \Delta P_y \geq \dfrac{\hbar}{2}$ $\therefore \Delta y \geq \dfrac{\hbar}{2} \times \dfrac{1}{\Delta P_y}$

যেহেতু $\Delta P_y = 0$; সেহেতু $\Delta_y = \infty$ হবে।

গ আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$

বা, $ln(e^{-\lambda t}) = ln \frac{N_0}{2 \times N_0}$

বা, $-\lambda t = -0.693$

বা, $\lambda = \frac{-0.693}{-8}$

$\therefore \lambda = 0.0866 \text{ d}^{-1}$ **(Ans.)**

এখানে,
আদি পরমাণু সংখ্যা = N_0
$t = 8d$ পর পরমাণু সংখ্যা = $\frac{N_0}{2}$
অবক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

Note: সরাসরি $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$ সূত্র ব্যবহার করা যাবে।

ঘ আমরা জানি,

$N = N_0 e^{-\lambda t'}$

বা, $-\lambda t' = ln \frac{N}{N_0}$

বা, $-0.0866t' = ln(1/3)$

বা, $t' = \frac{-1.0986}{-0.0866}$

$\therefore t' = 12.68$ d

এখানে,
পদার্থের আদি পরমাণুর সংখ্যা = N_0
পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবক,
$\lambda = 0.0866 \text{ d}^{-1}$ ['গ' হতে]
অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা, $N = \frac{N_0}{3}$
প্রয়োজনীয় সময়, $t' = ?$

আবার পদার্থটির গড় আয়ু, $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.0866 \text{d}^{-1}} = 11.54$ d

অর্থাৎ $\tau < t'$

তাই বলা যায়, উদ্দীপকের t' এর মান তেজস্ক্রিয় বস্তুটির গড় আয়ু অপেক্ষা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩১ দিনাজপুর বোর্ড ২০১৫ I প্রশ্ন নং ৩

সুমি একদিন নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরিতে 15 দিন পূর্বে কেনা রেডনের দুটি নমুনা নিয়ে কাজ করছিল। নমুনা দুটি যখন কেনা হয় তখন ১ম ও ২য় নমুনায় অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা ছিল যথাক্রমে 10^{12}টি ও 10^{10}টি। সে জানে রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক 0.181d^{-1}। তার ধারণা ছিল গত 15 দিনে দুটি নমুনাতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়েছে।

ক. আলোর ব্যতিচার কী? ১

খ. সাদা আলো কাচ প্রিজমে প্রবেশ করলে বর্ণালী সৃষ্টি হয় কেন? ২

গ. প্রথম নমুনার অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে দেখাও যে, সুমির ধারণা ভুল। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি অবস্থিত দুটি উৎস থেকে নির্গত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হওয়াকে আলোর ব্যতিচার বলে।

খ সাদা আলো সাতটি ভিন্ন রঙের আলোক রশ্মির সমন্বয়ে সৃষ্টি, তাই যখন সাদা আলো কোন প্রিজমের মধ্যে প্রবেশ করে তখন প্রতিসরণের ফলে রশ্মির গতিপথ বেঁকে যায়। প্রতিটি বর্ণের আলোক রশ্মির জন্য প্রিজমের প্রতিসরাংক ভিন্ন মানের। তাই এরা প্রিজমের মধ্য দিয়ে গমন কালে ভিন্ন ভিন্ন কোণে বিচ্যুত হয়। এখন ভিন্ন ভিন্ন বর্ণের আলোর বাঁকার পরিমাণ ভিন্ন হওয়ার জন্য প্রিজমের মধ্যে সাদা আলো সাতটি বর্ণে বিশ্লিষ্ট হয় এবং এই বিশ্লিষ্ট অবস্থায়ই প্রিজম থেকে নির্গত হয়। ফলে পর্দার ওপর আমরা বর্ণালী দেখতে পাই।

গ দেওয়া আছে,

রেডনের ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 0.181 \text{ d}^{-1}$

বের করতে হবে, অর্ধায়ু, $T = ?$

আমরা জানি, $T = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{0.181 \text{ d}^{-1}} = 3.83$ day

অর্থাৎ 3.83 দিন পর রেডনের অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হয়। (Ans.)

ঘ প্রদত্ত সময়কাল, $t = 15$ day

এ সময়কালে প্রথম নমুনায় ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যা

$= N_{01} - N_1 = N_{01} - N_{01}e^{-\lambda t} = N_{01}(1 - e^{-\lambda t})$

$= 10^{12} \times (1 - e^{-0.181d^{-1} \times 15d}) = 9.34 \times 10^{11}$

এবং দ্বিতীয় নমুনায় ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যা $= N_{02} - N_2$

$= N_{02} - N_{02}e^{-\lambda t} = N_{02}\ (1 - e^{-\lambda t})$

$= 10^{10}(1 - e^{-0.181d^{-1} \times 5d}) = 9.34 \times 10^9$

যেহেতু $9.34 \times 10^{11} \neq 9.34 \times 10^9$

সুতরাং গত 15 দিনে দুটি নমুনাতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়নি। অর্থাৎ সুমির ধারণা ভুল।

প্রশ্ন ▶ ৩২ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল I প্রশ্ন নং ৭

একটি পদার্থের অর্ধায়ু 3.82 দিন।

ক. তেজস্ক্রিয় ক্ষয়সূত্রটি লেখ। ১

খ. "একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের আলোর জন্য ফটো তড়িৎ ক্রিয়া ঘটে" ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উক্ত পদার্থের 25% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. পদার্থটির 75% ক্ষয় হতে যে সময় লাগে তা কি 25% ক্ষয় হওয়ার সময়ের 3 গুণ? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙন বা অবক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক।

খ যেকোনো কম্পাঙ্কের আলো ফটো তড়িৎ ক্রিয়া ঘটাতে হতে পারে না। আলো বা যেকোনো তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের শক্তি এর কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক। ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয়ে ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে হলে সংশ্লিষ্ট আলো বা বিকিরণের ন্যূনতম একটি কম্পাঙ্ক বা শক্তি থাকতে হবে। এই কম্পাঙ্ককে সূচন কম্পাঙ্ক বলে। এর চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট ফোটন আপতিত হলে কোনো ইলেকট্রনই অবমুক্ত হবে না। তাই বলা যায় যে, একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের আলোর জন্য ফটো তড়িৎ ক্রিয়া ঘটে।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.586 দিন।

ঘ পদার্থটির ক্ষয় ধ্রুবক,

$\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$

$= \frac{0.693}{3.82}$

$= 0.1814 \text{ d}^{-1}$

এখানে,
পদার্থটির অর্ধায়ু,
$T_{1/2} = 3.82$ d
ধরি, প্রাথমিক অবস্থায় এর পরমাণুর সংখ্যা N_0

পদার্থটির 75% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট থাকে,

$N = (100 - 75)\%\ N_0 = 25\%\ N_0 = 0.25N_0$, এক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় সময় t হলে, আমরা পাই, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$ বা, $-\lambda t = \text{In}\left(\frac{N}{N_0}\right)$

বা, $t = -\frac{\text{In}\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\lambda}$ বা, $t = -\frac{\text{In}\left(\frac{0.25\ N_0}{N_0}\right)}{0.1814}$ $\therefore t = 7.64$ d

আবার, পদার্থটির 25% হওয়ার সময়, $t' = 1.586$ d ('গ' হতে)

এখন, $\frac{t}{t'} = \frac{7.64}{1.586} = 4.8$

অর্থাৎ, পদার্থটির 75% ক্ষয় হতে যে সময় লাগে তা 25% ক্ষয় হওয়ার সময়ের 3 গুণ নয় বরং 4.8 গুণ।

প্রশ্ন ▶ ৩৩ ময়মনসিংহ গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫

একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু 3.82 দিন। ল্যাবরেটরীতে পর্যবেক্ষণে দেখা গেল, 18 দিন পর এর 1/20 অংশ অবশিষ্ট থাকে।

ক. 1 রাদারফোর্ড কী? ১

খ. নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়ায় কেন শক্তি উৎপন্ন হয়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মৌলটির 60% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. ল্যাবরেটরীর পর্যবেক্ষণ সঠিক ছিল কি-না যাচাই করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 1 (এক) রাদারফোর্ড বলতে প্রতি সেকেন্ডে 10^6 সংখ্যক তেজস্ক্রিয় ক্ষয় বোঝায়।

খ আমরা জানি $^{235}_{92}U$ কে নিউট্রন $^{1}_{0}n$ দ্বারা আঘাত করলে নিউক্লিয় ফিশন ঘটে। এতে $^{235}_{92}U$ নিউক্লিয়াসের বিভাজিত হয়ে কম ভরের দুটি নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয় এবং দুটি বা তিনটি নিউট্রন $^{1}_{0}n$ নির্গত হয়।

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী $^{1}_{0}n$ ও $^{235}_{92}U$ এর মোট ভর অপেক্ষা উৎপন্ন নিউক্লিয়াসদ্বয় ও নিউট্রনগুলির মোট ভর সামান্য কম হয়। অর্থাৎ নিউক্লিয় ফিশনে কিছু ভর হারায়। আইনস্টাইনের ভরশক্তি সমীকরণ, $E = mc^2$ অনুসারে এই হারানো ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহাই নিউক্লিয় ফিশন বিক্রিয়ায় শক্তি উৎপন্নের কারণ।

গ ১৭ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 5 দিন (প্রায়)

ঘ ১ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 16.5 দিন পর $\frac{1}{20}$ অংশ অবশিষ্ট থাকবে।

অর্থাৎ, ল্যাবরেটরীর পর্যবেক্ষণ সঠিক ছিল না।

প্রশ্ন ▶ ৩৪ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮

ট্রিটিয়ামের ক্ষয় ধ্রুবক $5.54 \times 10^2\ y^{-1}$

ক. নিউক্লিয়ন কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন না থাকা সত্ত্বেও নিউক্লিয়াস থেকে কীভাবে β কণা নির্গত হয় — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ট্রিটিয়ামের নমুনার 70% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের তেজস্ক্রিয় উপাদানটির গড় জীবন অর্ধায়ু থেকে বড় — এটির যথার্থতা নির্ণয় করো। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যেসব কণা থাকে বা নিউক্লিয়াস যেসব কণার সমন্বয়ে গঠিত তাদেরকে নিউক্লিয়ন বলে।

খ β কণা হলো দ্রুতগামী ইলেকট্রন যা নিউক্লিয়াস থেকে নির্গত হয়। কিন্তু নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না। প্রকৃতপক্ষে নিউক্লিয়াসের একটি নিউট্রন ভেঙে একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটনে পরিণত হয়। সাংকেতিক চিহ্ন দিয়ে একে নিম্নলিখিতভাবে লেখা যায়—

$${}_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}e^0 \text{ (বিটা কণা)}$$

প্রোটনটি নিউক্লিয়াসে থেকে যায়, কিন্তু ইলেকট্রনটি বিটা কণা হিসেবে নির্গত হয়। এভাবে নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন না থাকা সত্ত্বেও নিউক্লিয়াস থেকে β কণা নির্গত হয়।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.173×10^{-3} y।

ঘ ২৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 1.251 \times 10^{-3}$ y ও গড় আয়ু, $\tau = 1.805 \times 10^{-3}$ y; অর্থাৎ, গড় জীবন অর্ধায়ু থেকে বড়।

প্রশ্ন ▶ ৩৫ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮

তেজস্ক্রিয় পদার্থ টেকনিশিয়ামের অর্ধায়ু 2.38 ঘন্টা। রোগ নির্ণয়ের জন্য একজন রোগীর শরীরে 18 g তেজস্ক্রিয় উপাদান প্রবেশ করানো হলো। 48 ঘন্টা পর রোগীর শরীরে তেজস্ক্রিয় পদার্থ আবার নির্ণয় করা হলো।

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১

খ. একটি তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 2.5 V দ্বারা কী বুঝায়? ২

গ. টেকনিশিয়ামের ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 48 ঘন্টা পর রোগীর শরীরে কী পরিমাণ টেকনিশিয়াম থাকবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে যা গঠিত হয় তাই তড়িৎ দ্বিমেরু।

খ কোনো তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 2.5 V বলতে বোঝায় যে, 1C আধানকে ঐ কোষ সমেত কোনো বর্তনীর একবিন্দু হতে একবার সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে 2.5 J কাজ সম্পন্ন করতে হয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $0.291\ h^{-1}$।

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত,

টেকনিশিয়ামের ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = 0.291\ h^{-1}$

আমরা জানি,

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-0.291 \times 48}$

$= 8.586 \times 10^{-7}$

এখানে,

টেকনিশিয়ামের প্রারম্ভিক ভর, $N_0 = 18$ g

48 ঘন্টা পরে টেকনিশিয়ামের ভর, N = ?

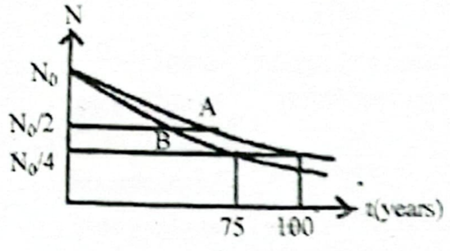
বা, $N = N_0 \times 8.586 \times 10^{-7} = 48 \times 8.586 \times 10^{-7}$

$= 4.12 \times 10^{-5}$ g

সুতরাং, 48 ঘন্টা পরে রোগীর শরীরে টেনিশিয়ামের পরিমাণ 4.12×10^{-5} g।

প্রশ্ন ▶ ৩৬ রংপুর ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৫

দুটি তেজস্ক্রিয় উপাদান পর্যবেক্ষণ করা হলো এবং তাদের বিকিরণের ফলে দুটি লেখচিত্র নিচে দেওয়া হলো।



B এর ভরত্রুটি = 0.003 amu

ক. পয়েন্টিং ভেক্টর কী? ১

খ. কঠিন পদার্থে কোনো পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন কীভাবে শক্তি ব্যান্ড তৈরি করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. B উপাদানের নিউক্লিয়াস ভাঙতে শক্তির পরিমাণ eV এককে নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B উপাদানের গড় আয়ু কি একই? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে লম্বভাবে স্থাপিত তলের একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে অতিক্রান্ত শক্তিই হলো পয়েন্টিং ভেক্টর।

ঘ কঠিন পদার্থে কোনো পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন দুটি প্রধান শক্তি ব্যান্ড তৈরি করে।

i. **যোজন ব্যান্ড:** এখানে শেষ কক্ষপথের ইলেকট্রন সাধারণত অবস্থান করে।

ii. **পরিবহন ব্যান্ড:** এখানে শেষ কক্ষপথের ইলেকট্রন উত্তেজিত হয়ে গেলে চলাচল করতে পারে এবং বিদ্যুৎ পরিবাহিত হয়।

যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে যে শক্তির পার্থক্য থাকে তাকে শক্তি ব্যবধান বলে এবং এটি অনুসারে পদার্থের বৈদ্যুতিক ধর্ম নির্ধারিত হয়।

গ ২৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৩৭ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৫

বাপ্পি একটি অজানা উপাদান Y এর একটি ইলেকট্রনের শক্তি নির্গমন করে ৩য় শক্তিস্তর থেকে ভূমি শক্তিস্তরে ফিরে আসা পর্যবেক্ষণ করলো।

◀ অধ্যায় ৮ ও ৯ এর সমন্বয়ে

ক. গ্যালিলিয়ান রূপান্তর কাকে বলে? ১

খ. লরেন্টজ রূপান্তর থেকে কীভাবে গ্যালিলিয় রূপান্তর পাওয়া যায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ৩য় শক্তিস্তরে নিউটনীয় গতিশক্তি ও আইনস্টাইনীয়ান গতিশক্তি কি সমান হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাস্তব অভিজ্ঞতার ভিত্তিতে বিজ্ঞানী গ্যালিলিও পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল দুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর পরিমাপের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করেন, একে গ্যালিলিয়ান রূপান্তর বলে।

খ যখন v << c হয়, তখন $\frac{v}{c} \approx 0$ হওয়ায়,

লরেন্টজ রূপান্তরের সমীকরণগুলো দাঁড়ায়—

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$$

এবং $y' = y, z' = z, t' = t$

এটি গ্যালিলিও রূপান্তর সমীকরণ।

গ

ইলেকট্রনটি ৩য় শক্তিস্তর থেকে ভূমি শক্তিস্তরে ফিরে আসলে

$$\Delta E = E_3 - E_1 = \frac{hc}{\lambda}$$

বা, $\frac{hc}{\lambda} = \frac{me^4}{8h^2\epsilon_0^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

বা, $\frac{1}{\lambda} = \frac{me^4}{8h^2\epsilon_0^2 c}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

এখানে,
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ইলেকট্রনের চার্জ,
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
শূন্য মাধ্যমের তড়িৎ ভেদন যোগ্যতা,
$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$
শক্তিস্তর, $n_1 = 1, n_2 = 3$
শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ,
$c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

বা, $\frac{1}{\lambda} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (6.63 \times 10^{-34})^3 \times (8.85 \times 10^{-12})^2 \times 3 \times 10^8} \times \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right)$

বা, $\frac{1}{\lambda} = 9.677 \times 10^6\ m^{-1}$

$\therefore \lambda = 1.033 \times 10^{-7}$ m **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

ইলেকট্রনটির ৩য় শক্তিস্তরে বেগ,

$$v = \frac{e^2}{2nh\epsilon_0}$$

বা, $v = \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{2 \times 3 \times 6.63 \times 10^{-34} \times 8.85 \times 10^{-12}}$

$\therefore v = 7.27 \times 10^5\ ms^{-1}$

এখানে,
প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s
ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C
শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$
ইলেকট্রনের স্থির ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
শূন্য মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2 N^{-1} m^{-2}$
শক্তিস্তর $n = 3$
বেগ, $v = ?$

গতিশীল অবস্থায় ইলেকট্রনটির ভর m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - \left(\frac{7.27 \times 10^5}{3 \times 10^8}\right)^2}}$$

$\therefore m = 9.1000267 \times 10^{-31}$ kg

সুতরাং ইলেকট্রনটির আইনস্টাইনীয়ান গতিশক্তি,

$$T = (m - m_0)c^2 = (9.1000267 - 9.1) \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2$$
$$= 2.403 \times 10^{-19} \text{ J}$$

অন্যদিকে নিউটনীয় গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2} m_0 v^2$

$$= \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times (7.27 \times 10^5)^2$$
$$= 2.4048 \times 10^{-19} \text{ J}$$

অর্থাৎ দেখা যাচ্ছে, ইলেকট্রনটির নিউটনীয় গতিশক্তি ও আইনস্টাইনীয় গতিশক্তি প্রায় সমান হবে। কারণ ইলেকট্রনটি আলোর বেগ অপেক্ষা অনেক কম বেগে গতিশীল, তাই পার্থক্য তেমন নেই।

প্রশ্ন ▶ ৩৮ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ ❙ প্রশ্ন নং ৭

একজন নিউক্লিয়ার পদার্থবিদ বলল যে তার নিউক্লিয়ার রিএক্টরে U^{235} এর একদিনে 20 kg জ্বালানি প্রয়োজন। (প্রতি অণু U থেকে 200 MeV শক্তি মুক্ত হয়)। সে আরো বলল যে তার ল্যাবরেটরীতে নিচের বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়:

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{143}_{56}Ba + {}^{90}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + \text{শক্তি}$$

U, n, p, Ba, Kr এবং He এর ভর যথাক্রমে 235.045922 amu, 1.008665 amu, 1.007277 amu, 140.9177 amu, 91.8854 amu, ও 4.00276 amu। বিজ্ঞানী বলল যে, ঐ নির্গত শক্তি দ্বারা 10 টি α কণা ভাঙা সম্ভব।

ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. বন্ধন শক্তির চেয়ে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি বেশি গুরুত্বপূর্ণ কেন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. নিউক্লিয়ার রিএক্টরটির ক্ষমতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বিজ্ঞানীর বক্তব্য কি সঠিক? নির্গত শক্তি নির্ণয়ের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াসের ভর, নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত নিউক্লিয়নগুলোর মুক্তাবস্থার ভরের সমষ্টির চেয়ে কিছু কম থাকে। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ প্রয়োজনীয় সংখ্যক নিউক্লিয়নকে একত্রিত করে নিউক্লিয়াস গঠন করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয় বা নিউক্লিয়াসকে ভেঙে নিউক্লিওনগুলোকে পৃথক করতে যে পরিমাণ শক্তি প্রয়োজন হয় তাকে নিউক্লিয়ার বন্ধন শক্তি বলে। আর কোনো একটি মৌলের প্রতি নিউক্লিয়নে কার্যকর গড় বন্ধন শক্তিকে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি বলে। নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি হতে কোনো পরমাণুর নিউক্লিয়াসের উপাদানসমূহ কতটা শক্তিশালী অবস্থায় আটকে আছে তা বোঝা যায়। কিন্তু বন্ধন শক্তি হতে তা বোঝা যায় না। কারণ, বিভিন্ন পরমাণুর ক্ষেত্রে নিউক্লিয়ন সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হয়। তাই বন্ধন শক্তির চেয়ে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি বেশি গুরুত্বপূর্ণ।

গ

ইউরেনিয়ামের 1 মোল বা 0.235 kg তে পরমাণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$ টি

$\therefore$ 1 kg তে পরমাণুর সংখ্যা

$= \frac{6.023 \times 10^{23}}{0.235}$ টি

$\therefore$ 20 kg তে পরমাণুর সংখ্যা

$= \frac{6.023 \times 10^{23}}{0.235} \times 20$

$= 5.126 \times 10^{25}$ টি

এখানে,
U এর পারমাণবিক ভর = 235 gm
প্রতি অনু U থেকে নির্গত শক্তির পরিমাণ = 200 MeV
সময়, t = 1 দিন = 24 th
$= 24 \times 60 \times 60$ s

অতএব 20 kg ইউরেনিয়াম থেকে নির্গত শক্তির পরিমাণ

$= 5.126 \times 10^{25} \times 200 \text{ MeV} = 1.0252 \times 10^{28}$ MeV

$= 1.0252 \times 10^{28} \times 1.6 \times 10^{-13}$ J [$\because$ 1 MeV $= 1.6 \times 10^{-13}$ J]

$= 1.64032 \times 10^{15}$ J

$\therefore$ নিউক্লিয়ার রিএক্টরটির ক্ষমতা,

$$P = \frac{\text{নির্গত শক্তির পরিমাণ}}{\text{সময় (t)}} = \frac{1.64032 \times 10^{15}}{24 \times 60 \times 60} = 1.8985 \times 10^{10} \text{ W (Ans.)}$$

ঘ ফিশনের পূর্বে মোট ভর,

$= (235.045922 + 1.008665)$ amu

$= 236.054587$ amu

ফিশনের পরে মোট ভর,

$= (140.9177 + 91.8854 + 3 \times 1.008665)$ amu

$= 235.829095$ amu

এখানে,
U এর ভর = 235.045922 amu
n এর ভর = 1.008665 amu
Ba এর ভর = 140.9177 amu
Kr এর ভর = 91.8854 amu
He এর ভর = 4.00276 amu
p এর ভর = 1.007277 amu
α কণার ভর $= m_\alpha = 4.0026$ amu

$\therefore$ ভর ঘাটতি, $\Delta m = (236.054587 - 235.829095)$ amu
$= 0.225492$ amu

সুতরাং নির্গত শক্তি, $E = \Delta mc^2 = 0.225492 \text{ amu} \times c^2$

$= 0.225492 \times 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2} \times c^2$

$= 210.046$ MeV

$\therefore$ বিক্রিয়ার নির্গত শক্তির পরিমাণ 210.046 MeV

আবার, α কণায় বন্ধন শক্তি $= (Zm_p + Nm_n - m_\alpha)c^2$

$= (2m_p + 2n_p - m_\alpha)\, c^2$

$= (2 \times 1.007277 + 2 \times 1.008665 - 4.0026)\, c^2$

$= 0.029284 \text{ amu} \times c^2 = 0.029284 \times 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2} \times c^2$

$= 27.278$ MeV

অতএব, 10টি কণার শক্তি $= 10 \times 27.278$ MeV $= 272.78$ MeV

$\therefore$ বিক্রিয়ার নির্গত শক্তির পরিমাণ কম হওয়ায় উক্ত শক্তি দিয়ে 10টি α কণা ভাঙা সম্ভব নয়। অর্থাৎ, বিজ্ঞানীর বক্তব্য সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▸ ৩৯ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম ‖ প্রশ্ন নং ৩

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন উত্তেজিত অবস্থায় n = 2 থেকে n = 4 কক্ষপথে গেল। ইলেকট্রনটির এ অবস্থান স্থিতিশীল না হওয়ায় এটি শক্তি বিকিরণ করে পূর্বের অবস্থায় ফিরে এলো। [$e = 1.6 \times 10^{-19}$C, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js এবং $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ C^{2}N^{-1}m^{-2}]

ক. শক্তিস্তর সম্পর্কিত বোরের স্বীকার্যটি লিখো। ১

খ. নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের কেন্দ্রমুখী বলের উৎস কী? ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে ইলেকট্রনটি n = 2 থেকে n = 4 কক্ষপথে আসতে কী পরিমাণ শক্তি শোষণ করবে? ৩

ঘ. ইলেকট্রনটির শক্তি নির্গমন কালে নীল আলো দেখা যাবে। গাণিতিকভাবে যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অনুমোদিত কক্ষপথে ইলেকট্রনের শক্তি নির্দিষ্ট এবং কক্ষপথে আবর্তনকালে ইলেকট্রন কোনো শক্তি শোষণ বা বিকিরণ করে না।

খ নিউক্লিয়াস ব্যতীত পরমাণুর অভ্যন্তরে অধিকাংশ অংশই ফাঁকা বা শূন্য। এই অংশে নির্দিষ্ট সংখ্যক ইলেকট্রন ধনাত্মক চার্জযুক্ত নিউক্লিয়াসের চারদিকে কতকগুলো বৃত্তাকার কক্ষপথে ঘুরছে। ইলেকট্রনগুলোর ঘূর্ণনজনিত কেন্দ্রবিমুখী বল এবং নিউক্লিয়াস ও ইলেকট্রনগুলোর মধ্যে ক্রিয়াশীল কুলম্বীয় বল সমান ও বিপরীতমুখী হওয়ায় ইলেকট্রনগুলো সুস্থিরভাবে নির্দিষ্ট দূরত্বে নিউক্লিয়াসকে প্রদক্ষিণ করে। অর্থাৎ, নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনের কেন্দ্রমুখী বলের উৎস হলো কুলম্বীয় বল।

গ আমরা জানি,

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0{}^2 n^2 h^2}$$

$\therefore$ n = 2 স্তরে ইলেকট্রনের শক্তি,

$$E_2 = -\frac{9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (8.85 \times 10^{-12})^2 \times 2^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2}$$

$= -5.413 \times 10^{-19}$ J

$= -\frac{5.413 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$

$= -3.383$ eV

n = 4 স্তরে ইলেকট্রনের শক্তি,

এখানে,
ইলেকট্রনের চার্জ,
$e = 1.6 \times 10^{-19}$C
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$kg
শূন্য মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা,
$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ C^{2}N^{-1}m^{-2}
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$Js

$$E_4 = -\frac{9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (8.85 \times 10^{-12})^2 \times (4)^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2} = -1.353 \times 10^{-19}$$

$= -\frac{1.353 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$ eV $= -0.846$ eV

$\therefore$ শোষিত শক্তি $= E_4 - E_2 = -0.846 + 3.383 = 2.537$ eV (Ans.)

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে 490 nm যা আসমানি আলো। তাই ইলেকট্রনটির শক্তি নির্গম কালে নীল আলো দেখা যাবে না।

প্রশ্ন ▸ ৪০ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৭

সময় t(d)	0	8	t′	24
অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা	N_0	$\frac{N_0}{2}$	$\frac{N_0}{3}$	$\frac{N_0}{8}$

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. একটি ইলেকট্রনের মোট শক্তি সবসময় ঋণাত্মক- ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. t′ এর মান উদ্দীপকের বস্তুটির গড় আয়ুর চেয়ে বেশি হবে কি? ব্যাখ্যা করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়, ভরের এ পার্থক্যই ভরত্রুটি।

খ ইলেকট্রনের ভর m, শূন্যস্থানের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা ϵ_o, ইলেকট্রনের চার্জ e, প্লাংকের ধ্রুবক h হলে n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $E_k = \frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_o^2}$; এবং বিভব শক্তি, $E_p = -\frac{me^4}{4n^2h^2\epsilon_o^2}$

সুতরাং n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের মোট শক্তি, $E_T = E_K + E_P$

$$= \frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_o^2} - \frac{me^4}{4n^2h^2\epsilon_o^2} = -\frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_o^2}$$

n, h, ϵ_o, m, e সকল রাশির মান ধনাত্মক হওয়ায় এটি স্পষ্ট যে, একটি ইলেকট্রনের মোট শক্তি সবসময় ঋণাত্মক।

গ ৩০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৪১ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৭

মি. X ল্যাবরেটরিতে ৩টি তেজস্ক্রিয় উপাদান A, B ও C রাখলেন। প্রত্যেক উপাদানের ভর 50 gm। 1.5 বছর পর তিনি তাদের ভর পরিমাপ করে যথাক্রমে 20 gm, 25 gm ও 40 gm পেলেন।

ক. কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা কী? ১

খ. α ও β কণা নির্গমনে কী ঘটে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের B উপাদানের ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A উপাদানের 20% ও C উপাদানের 10% ক্ষয় হতে কি একই সময় লাগবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কৃত্রিম উপায়ে তৈরি করা তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ঘটনাই কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা।

খ α-কণা হলো দ্বিধনাত্মক হিলিয়াম নিউক্লিয়াস ও β কণা হলো আসলে একটি ইলেকট্রন। কোনো তেজস্ক্রিয় পরমাণু হতে α-কণা নির্গত হলে যে নতুন মৌল তৈরি হয় তার ভরসংখ্যা ও পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে 4 একক ও 2 একক কম হয়। পক্ষান্তরে β কণা নির্গমনের ক্ষেত্রে নতুন মৌলটির ভরসংখ্যা একই থাকে কিন্তু পারমাণবিক সংখ্যা প্রাথমিক মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা অপেক্ষা 1 একক বৃদ্ধি পায়।

গ B উপাদানের ক্ষেত্রে 1.5 বছর পর অবশিষ্ট থাকে $\frac{25}{50} = \frac{1}{2}$ অংশ। অর্থাৎ, এর অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 1.5$ y।

বাকি অংশ: ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.462 y^{-1}।

ঘ

A উপাদানের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$$N_A = N_0 e^{-\lambda_A t}$$

বা, $e^{-\lambda_A t} = \frac{N_A}{N_0}$

বা, $-\lambda_A t = \ln\frac{N_A}{N_0}$

বা, $\lambda_A = -\frac{\ln\frac{N_A}{N_0}}{t}$

$$= -\frac{\ln\left(\frac{20}{50}\right)}{1.5} = 0.61086\ y^{-1}$$

এখানে,

A ও C উপাদানের আদি ভর, $N_0 = 50$ gm

সময়, t = 1.5 y

1.5 বছর পর A উপাদানের ভর,

$N_A = 20$ gm

1.5 বছর পর C উপাদানের ভর,

$N_C = 40$ gm

A ও C উপাদানের ক্ষয় ধ্রুবক যথাক্রমে λ_A ও $\lambda_C = ?$

A উপাদানের 20% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট থাকে (100 – 20)% = 80%

$\therefore$ A উপাদানের নতুন ভর, $N_A' = 80\% N_0$

$= 0.8 \times 50 = 40$ gm

A উপাদানের 20% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময় t_A হলে আমরা পাই,

$$N_A' = N_0 e^{-\lambda_A t_A}$$

বা, $-\lambda_A t_A = \ln\frac{N_A'}{N_0}$

বা, $t_A = -\frac{\ln\frac{N_A'}{N_0}}{\lambda_A} = -\frac{\ln\left(\frac{40}{50}\right)}{0.61086} = 0.365$ y

আবার, C উপাদানের ক্ষেত্রে–

আমরা জানি,

$$N_C = N_0 e^{-\lambda_C t}$$

বা, $-\lambda_C t = \ln\frac{N_C}{N_0}$

বা, $\lambda_C = -\frac{\ln\frac{N_C}{N_0}}{t} = -\frac{\ln\left(\frac{40}{50}\right)}{1.5} = 0.14876\ y^{-1}$

C উপাদানের 10% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট থাকে (100 – 10)% = 90%

$\therefore$ C উপাদানের নতুন ভর, $N_C' = 90\% N_0 = 0.9 \times 50 = 45$ gm

C উপাদানের 10% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময় t_C হলে আমরা পাই,

$$N_C' = N_0 e^{-\lambda_C t_C}$$

বা, $-\lambda_C t_C = \ln\frac{N_C'}{N_0}$

বা, $t_C = -\frac{\ln\frac{N_C'}{N_0}}{\lambda_C} = -\frac{\ln\left(\frac{45}{50}\right)}{0.14876} = 0.708$ y

এখানে, $t_A \neq t_C$

সুতরাং A উপাদানের 20% ও C উপাদানের 10% ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪২ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৭

একটি তেজস্ক্রিয় চেইন বিক্রিয়ায় শুরুর দিকের নিউক্লিয়াসটি হলো $^{232}_{90}Th$ যার অর্ধায়ু 1.4×10^{10} বছর। ছয়টি আলফা রশ্মি এবং চারটি বিটা রশ্মি বিকিরণের পর যে নিউক্লিয়াসটি $\left(^A_ZX\right)$ পাওয়া যায় তার প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি 7.666 MeV। ^A_ZX এর আণবিক ভর 207.97665 amu, প্রতিটি প্রোটনের ভর 1.00727663 amu এবং প্রতিটি নিউট্রনের ভর 1.008665 amu।

ক. কৌণিক ভরবেগ সংক্রান্ত বোর এর স্বীকার্যটি লিখ। ১

খ. নিউক্লিয়াস এর ব্যাসার্ধ বনাম ভর সংখ্যা লেখচিত্রটি ব্যাখ্যা করো। ২

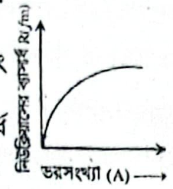
গ. থোরিয়ামের একটি নমুনার 10% ক্ষয়ের জন্য কত বছর লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত পর্যবেক্ষণটি গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ইলেকট্রন স্বেচ্ছানুযায়ী যে কোনো কক্ষপথে আবর্তন করতে পারবে না, এমন কতকগুলো নির্দিষ্ট কক্ষপথে আবর্তন করবে যেখানে এর কৌণিক ভরবেগ $\frac{h}{2\pi}$-এর পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক।

খ আমরা জানি, নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ R ও ভরসংখ্যা A এর মধ্যে সম্পর্ক হল, $R = r_0A^{\frac{1}{3}}$। যেখানে, r_0 একটি ধ্রুবক। নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ বনাম ভরসংখ্যার লেখচিত্রটি পাশে দেওয়া হলো:



ব্যাখ্যা: (1) $R = r_0A^{\frac{1}{3}}$ একটি বক্ররেখা এবং ব্যাসার্ধ R, $A^{\frac{1}{3}}$ অনুপাতে নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ R(fm) বক্ররেখার মতো ধীরগতিতে বাড়ে।

(2) ছোট মানের A এর জন্য ব্যাসার্ধ R দ্রুত বাড়ে, বড় A এর জন্য ব্যাসার্ধ R ধীরে বাড়ে।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.128×10^9 yr।

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, নিউক্লিয় বিক্রিয়াটি হবে,

$${}^{232}_{90}\text{Th} \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + 6\alpha + 4\beta$$

বা, $${}^{232}_{90}\text{Th} \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + 6{}^{4}_{2}\text{He}^{2+} + 4{}^{0}_{-1}e^{-}$$

নিউক্লিয় বিক্রিয়ায়, ভরসংখ্যা একই থাকায়,

$232 = A + 6 \times 4 + 0$ বা, $A = 232 - 24 = 208$

আবার, প্রোটন সংখ্যা একই থাকায়,

$90 = z + 6 \times 2 + 4 \times (-1)$

বা, $90 = z + 12 - 4$

বা, $90 = z + 8 \therefore z = 82$, যা Pb কে নির্দেশ করে।

$\therefore$ নিউক্লিয়াসটি হবে ${}^{A}_{Z}X = {}^{208}_{82}\text{Pb}$

ভরত্রুটি, $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{atm}$

$= 82 \times 1.00727663 + (208 - 82) \times 1.008665 - 207.97665$

$= 1.71182366$ amu

আমরা জানি, 1 amu ≅ 931.5 MeV

$\therefore$ ভরত্রুটির জন্য বন্ধন শক্তি, $BE = 931.5 \times \Delta m$

$= 931.5 \times 1.71182366$

$= 1594.563739$ MeV

এখানে,
1টি ${}^{A}_{Z}X$ এর আণবিক ভর,
$M_{atm} = 207.97665$ amu
1টি প্রোটনের ভর,
$m_p = 1.00727663$ amu
1টি নিউট্রনের ভর,
$m_n = 1.008665$ amu
$Z = 82, A = 208$

নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \frac{B.E}{A} = \frac{1594.563739}{208} = 7.666$ MeV

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকে উল্লেখিত পর্যবেক্ষণটি সঠিক।

প্রশ্ন ▸ ৪৩ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

একটি পারমাণবিক বিদ্যুৎকেন্দ্রে জ্বালানি হিসেবে বিজ্ঞানীরা U-235 ব্যবহার করে। এক বছর পর প্রতি মোল অর্থাৎ 6.02×10^{23} টি পরমাণু ভেঙে 1.02×10^{23} টি পরমাণু অক্ষত থাকে।

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. অর্ধায়ু ও ক্ষয় ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করো। ২

গ. U-235 এর অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পরবর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা পূর্ববর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণু সংখ্যার সমান হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়, ভরের এ পার্থক্যই ভরত্রুটি।

খ কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেকে পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে। ক্ষয় ধ্রুবক λ হলে

আমরা জানি, $N = N_0e^{-\lambda T}$

যদি অর্ধায়ু $T_{\frac{1}{2}}$ হয় তাহলে $T_{\frac{1}{2}}$ সময় পর, $N = \frac{N_0}{2}$ হবে

$\therefore \frac{N_0}{2} = N_0e^{-\lambda T_{1/2}}$ বা, $\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$

বা, $\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda T_{\frac{1}{2}}$ বা, $\ln 1 - \ln 2 = -\lambda T_{\frac{1}{2}}$

বা, $-\ln 2 = -\lambda T_{\frac{1}{2}}$ $[\because \ln 1 = 0]$

$\therefore T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$

এটিই অর্ধায়ু ও ক্ষয় ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক।

গ ২৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৪৪ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮

9.1×10^{-31} kg ভরের একটি ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে 0.53Å ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে ঘুরছে। আবার আমরা জানি, তেজস্ক্রিয় পদার্থ স্বতঃস্ফূর্তভাবে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। ঢাকা পরমাণু গবেষণা কেন্দ্রের দুটি বিশেষ ধরনের পাত্র A ও B তে দুটি ভিন্ন তেজস্ক্রিয় পদার্থ রাখা যাদের অর্ধায়ু যথাক্রমে 16 ঘণ্টা ও 4 দিন।

ক. মোলার আপেক্ষিক তাপের একক লেখো। ১

খ. তাপগতিবিদ্যায় P–V লেখচিত্রের ক্ষেত্রফল কী প্রকাশ করে? ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ইলেকট্রনের কেন্দ্রমুখী বলের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত A পাত্রের তেজস্ক্রিয় মৌলটি যে সময়ে 75% ক্ষয়প্রাপ্ত হবে ঐ সময়ে B পাত্রের তেজস্ক্রিয় মৌলের 25% অক্ষত থাকবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মোলার আপেক্ষিক তাপের একক $\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$.

খ বিভিন্ন তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় (সমোষ্ণ, সমচাপ, সমআয়তন ও রুদ্ধতাপীয়) সিস্টেমের চাপ (P) Y অক্ষে ও আয়তন (V) X অক্ষে নিয়ে যে লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়, তাই P – V লেখচিত্র। এর ক্ষেত্রফল ঐ তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, W এর মান প্রকাশ করে। কারণ,

$P \times V = \frac{F}{A} \times V$ $[\because P = \frac{F}{A}]$

$= \frac{F}{A} \times A\ell$ $[\because V = A\ell]$

$= F\ell = W$ [∵ কাজ, W = বল × সরণ = $F\ell$]

দেখা যাচ্ছে, সিস্টেমের চাপ ও আয়তন গুণ করে কৃতকাজ পাওয়া যায়। এজন্য তাপগতিবিদ্যায় P – V লেখচিত্রের ক্ষেত্রফল কৃতকাজ (W) প্রকাশ করে।

গ

দেওয়া আছে, ইলেকট্রনের কক্ষপথের ব্যাসার্ধ,

$r = 0.53\ \text{Å} = r_0$

$\therefore$ ইলেকট্রনটি ১ম কক্ষপথে ঘুরছে।

ইলেকট্রনের বেগ v হলে,

$mvr = \frac{nh}{2\pi}$

এখানে,
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 0.53$ Å
$= 0.53 \times 10^{-10}$ m
বোর ব্যাসার্ধ, $r_0 = 0.53$ Å

বা, $v = \frac{nh}{2\pi mr} = \frac{1 \times 6.626 \times 10^{-34}}{2 \times \pi \times 9.1 \times 10^{-31} \times 0.53 \times 10^{-10}}$

$= 2.186 \times 10^{6}\ ms^{-1}$

$\therefore$ কক্ষপথ, $n = 1$

প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক,

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js

$\therefore$ ইলেকট্রনের কেন্দ্রমুখী বল,

$F_C = \frac{mv^2}{r} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times (2.186 \times 10^{6})^2}{0.53 \times 10^{-10}} = 8.2 \times 10^{-8}$ N **(Ans.)**

ঘ

A মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক λ_A হলে,

$\lambda_A = \frac{0.693}{T_{(1/2)A}} = \frac{0.693}{16} = 0.0433125\ hr^{-1}$

B মৌলের ক্ষয়ধ্রুবক λ_B হলে,

$\lambda_B = \frac{0.693}{T_{(1/2)B}} = \frac{0.693}{96} = 7.21875 \times 10^{-3}\ hr^{-1}$

এখানে,

A মৌলের অর্ধায়ু,

$T_{(1/2)A} = 16$ hr

B মৌলের অর্ধায়ু,

$T_{(1/2)B} = 4$ day

$= (4 \times 24)$ hr

$= 96$ hr

A মৌলের 75% ক্ষয় বা (100 – 75)% = 25% অক্ষত থাকার সময় t_A হলে,

$N = N_0 e^{-\lambda_A t_A}$

বা, $\ell n\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda_A t_A$

এখানে,

25% অক্ষত থাকলে,

$N = 0.25\ N_0$

বা, $t_A = -\frac{1}{\lambda_A}\ell n\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{1}{0.0433125}\ell n\left(\frac{0.25\ N_0}{N_0}\right) = 32$ hr

উক্ত সময়ে B মৌলের অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা N_B হলে,

$N_B = N_0 e^{-\lambda_B t_B}$

$= N_0 e^{-7.21875 \times 10^{-3} \times 32}$

$= 0.79\ N_0 = N_0$ এর 79%

এখানে,

সময়, $t_B = t_A = 32$ hr

তাই বলা যায়, A তেজস্ক্রিয় মৌলটি যে সময়ে 75% ক্ষয়প্রাপ্ত হবে, ঐ সময়ে B তেজস্ক্রিয় মৌলের 25% না বরং 79% অক্ষত থাকবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৫ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৪

$_{92}U^{235} + {_o}n^1 \longrightarrow {_{54}}Xe^{140} + {_{38}}Sr^{94} + 2{_o}n^1 +$ Energy

($M_U = 235.043933$ amu, $M_{xe} = 139.92164$ amu, $m_{s_r} = 93.91536$ amu, $m_p = 1.007276$ amu, $m_n = 1.008665$ amu)

ক. রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক কী? ১

খ. কোন শর্তে সমান সংখ্যক কোষের শ্রেণি ও সমান্তরাল উভয় সমবায়ে বহিঃস্থ রোধের মধ্য দিয়ে সমপরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের প্রদত্ত ফিশন বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. Xe এবং Sr নিউক্লিয়াসের মধ্যে কোনটি অধিকতর স্থায়ী তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 0°C তাপমাত্রায় একক রোধের কোনো পরিবাহীর তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করলে পরিবাহীর রোধের যে পরিবর্তন ঘটে তাই ঐ পরিবাহীর উপাদানের রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক।

খ আমরা জানি, n সংখ্যাক কোষের শ্রেণি সমবায়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ, $I_s = \frac{nE}{R + nr}$, এবং কোষের সমান্তরাল সমবায়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ, $I_p = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$।

বহিঃস্থ রোধের মধ্য দিয়ে সমপরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হলে $I_s = I_p$ হবে।

অর্থাৎ $\frac{nE}{R + nr} = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$ বা, $nR + r = R + nr$

বা, $R(n - 1) = r(n - 1)$ বা, $R = r$ [যেহেতু $n > 1$]

অতএব, কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ, r এবং বাইরের রোধ, R সমান হলেই সমান সংখ্যক কোষ দিয়ে গঠিত শ্রেণি ও সমান্তরাল উভয় সমবায়ে বহিঃস্থ রোধের মধ্য দিয়ে সমপরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

গ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 184.687 MeV

ঘ আমরা জানি,

নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি,

$\frac{B}{A} = \frac{\Delta mc^2}{A} = \frac{1}{A}[Zm_p + Nm_n - M_{nuc}]c^2$

Xe এর ক্ষেত্রে, নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি,

$= \frac{1}{140}(54 \times 1.007276 + 86 \times 1.008665 - 139.92164)\ c^2$

$= 8.689 \times 10^{-3}$ amu $\times c^2$

$= 8.689 \times 10^{-3} \times 931.5$ MeV

$= 8.094$ MeV

এবং S_r এর ক্ষেত্রে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি,

$= \frac{1}{94}(38 \times 1.007276 + 56 \times 1.008665 - 93.91536)\ c^2$

$= 9 \times 10^{-3}$ amu $\times c^2$

$= 9 \times 10^{-3} \times 931.5$ MeV

$= 8.38$ MeV

এখানে,

Xe এর জন্য

$M_{xe} = 139.92164$ amu

প্রোটন সংখ্যা,

$Z_1 = 54$

নিউট্রন সংখ্যা,

$N_1 = 140 - 54 = 86$

ভরসংখ্যা, $A_1 = 140$

Sr এর জন্য

$M_{sr} = 93.91536$ amu

প্রোটন সংখ্যা, $Z_2 = 38$

ভরসংখ্যা, $A_2 = 94$

নিউট্রন সংখ্যা, $N_2 = (94 - 38) = 56$

প্রোটনের ভর, $m_p = 1.007276$ amu

নিউট্রনের ভর, $m_n = 1.008665$ amu

অতএব দেখা যাচ্ছে Sr এর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি বেশি। তাই Sr এর নিউক্লিয়াস অধিকতর স্থায়ী।

প্রশ্ন ▸ ৪৬ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮

দৃশ্যকল্প-১: একটি পরীক্ষাগারে ${}^{13}_{7}N$ আছে 1.49 μg যার অর্ধ জীবন 10 minute।

দৃশ্যকল্প-২: কোন একটি নিউক্লিয়ার পাওয়ার প্লান্ট থেকে বছরে নিরবিচ্ছিন্নভাবে 1000 MW ক্ষমতা সম্পন্ন শক্তি পেতে হলে ${}^{235}_{92}U$ ব্যবহৃত হয়। [এখানে প্রতিটি ফিশন বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তি 200 MeV, এবং পাওয়ার প্লান্ট এর কর্মদক্ষতা 33%]

ক. নিউক্লিয় ফিউশন বিক্রিয়া কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লিয় বল এবং কুলম্ব বলের মধ্যে বৈসাদৃশ্য আছে কি? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. দৃশ্যকল্প ১ হতে আদিতে তেজস্ক্রিয়তা কুরী (Ci) এককে, এক ঘণ্টা পরে তেজস্ক্রিয়তা কুরী (Ci) এককে এবং কত সময় পর তেজস্ক্রিয়তা 1 বেকেরেল হবে? ৩

ঘ. দৃশ্যকল্প ২ তে বছরে ফিশন বিক্রিয়ার সংখ্যা এবং ব্যবহৃত ${}^{235}_{92}U$ এর ভর কত? ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অত্যন্ত দ্রুত গতিসম্পন্ন দুটি হালকা নিউক্লিয়াসের মধ্যে সংঘর্ষ ঘটলে এরা পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে একটি ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং প্রচন্ড শক্তি নির্গত হয়। একে নিউক্লিয় ফিউশন বিক্রিয়া বলে।

খ হ্যাঁ, নিউক্লিয় বল এবং কুলম্ব বলের মধ্যে বৈসাদৃশ্য আছে। এগুলো নিচে দেওয়া হলো-

বৈশিষ্ট্য	নিউক্লিয় বল	কুলম্ব বল
(১) বল প্রয়োগকারী কণা	প্রোটন ও নিউট্রন	চার্জযুক্ত কণা (ইলেকট্রন, প্রোটন, আয়ন)
(২) পরিসীমা/পাল্লা	সবল নিউক্লিয় বলের পাল্লা 10^{-15} m ও দুর্বল নিউক্লিয় বলের পাল্লা 10^{-18} m।	অসীম
(৩) বাহক কণা	সবল নিউক্লিয় বলের জন্য- মেসন, গ্লুঅন। দুর্বল নিউক্লিয় বলের জন্য- বোসন।	ফোটন
(৪) নির্ভরশীলতা	চার্জের উপর নির্ভর করে না, কেবল নিউক্লিয়নের মধ্যে কাজ করে।	চার্জের উপর নির্ভরশীল

গ

ক্ষয় ধ্রুবক λ হলে,

আমরা জানি, $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{600}$

$\therefore \lambda = 1.155 \times 10^{-3}\ s^{-1}$

আদিতে তেজস্ক্রিয়তা, $A_o = N\lambda$

উপস্থিত পরমাণু সংখ্যা N হলে,

আমরা জানি, $\frac{N}{N_A} = \frac{W}{M}$

বা, $N = \frac{W}{M} \times N_A$

$= \frac{1.49 \times 10^{-6}}{13} \times 6.023 \times 10^{23}$

$\therefore N = 6.903 \times 10^{16}$

এখানে,
অর্ধজীবন, $T_{1/2} = 10$ min
$= (10 \times 60)$ s
$= 600$ s
ভর, $W = 1.49\ \mu g$
$= 1.49 \times 10^{-6}$ g
${}^{13}_{7}N$ এর আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর, $M = 13$
অ্যাভোগ্যাড্রোর সংখ্যা, $N_A = 6.023 \times 10^{23}$

$\therefore$ আদিতে তেজস্ক্রিয়তা,

$A_o = N\lambda = 6.903 \times 10^{16} \times 1.155 \times 10^{-3} = 7.973 \times 10^{13}$ Bq

$= \frac{7.973 \times 10^{13}}{3.7 \times 10^{10}}$ Ci $[\because 1$ কুরী (Ci) $= 3.7 \times 10^{10}$ Bq]

$= 2154.865$ Ci

1 ঘণ্টা পরে তেজস্ক্রিয়তা A হলে,

$A = A_0 e^{-\lambda t}$

$= 2154.865 \times e^{-1.155 \times 10^{-3} \times 3600}$

$= 33.7$ Ci

এখানে,
আদি তেজস্ক্রিয়তা, $A_0 = 2154.865$ Ci
ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 1.155 \times 10^{-3}\ s^{-1}$
সময়, $t = 1$ hr $= 3600$ s

আবার, t s পরে তেজস্ক্রিয়তা 1 Bq হলে,

$A = A_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t}$

বা, $\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t$

বা, $t = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$

$= -\frac{1}{1.155 \times 10^{-3}} \ln\left(\frac{1}{7.973 \times 10^{13}}\right)$

$= 27713.997$ s $= 7.698$ hr

এখানে,
আদি তেজস্ক্রিয়তা, $A_0 = 7.973 \times 10^{13}$ Bq
শেষ তেজস্ক্রিয়তা, $A = 1$ Bq
ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 1.155 \times 10^{-3}\ s^{-1}$
সময়, $t = ?$

$\therefore$ 7.698 hr পর তেজস্ক্রিয়তা 1 Bq হবে। **(Ans.)**

ঘ

আমরা জানি,

কর্মদক্ষতা, $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$

বা, $P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{1000\ MW}{0.33}$

$\therefore P_{in} = 3030.3\ MW = 3030.3 \times 10^6$ W

এখানে,
কর্মদক্ষতা, $\eta = 33\% = 0.33$
লভ্য কার্যকর ক্ষমতা, $P_{out} = 1000$ MW
মোট প্রদত্ত ক্ষমতা, $P_{in} = ?$
সময়, $t = 1$ yr

১ বছরে মোট প্রদত্ত শক্তি, $W_{in} = P_{in} \times t = 3030.3 \times 10^6 \times 1$ yr

$= 3030.3 \times 10^6 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60$

$= 9.556 \times 10^{16}$ J

এখন, $1\ MeV = 1 \times 10^6\ eV = 1 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}\ J = 1.6 \times 10^{-13}$ J

$200\ MeV = 200 \times 1.6 \times 10^{-13} = 3.2 \times 10^{-11}$ J

যেহেতু, প্রতিটি ফিশন বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তি $200\ MeV = 3.2 \times 10^{-11}$ J

তাই, 3.2×10^{-11}J শক্তি নির্গত হয় 1 টি ফিশনে

$\therefore 9.556 \times 10^{16}$ J শক্তি নির্গত হয় $= \frac{9.556 \times 10^{16}}{3.2 \times 10^{-11}}$ টি ফিশনে

$= 2.98625 \times 10^{27}$ টি ফিশনে

$\therefore$ বছরে ফিশন বিক্রিয়ার সংখ্যা $= 2.98625 \times 10^{27}$ টি

ব্যবহৃত ${}^{235}_{92}U$ এর ভর W হলে,

আমরা জানি, $\frac{N}{N_A} = \frac{W}{M}$

বা, $W = \frac{N}{N_A} \times M$

$= \frac{2.98625 \times 10^{27}}{6.023 \times 10^{23}} \times 235$ g

$= 1165148.182$ g

$= 1165.148$ kg

এখানে,
পরমাণু সংখ্যা, $N = 2.98625 \times 10^{27}$
অ্যাভোগ্যাড্রোর সংখ্যা, $N_A = 6.023 \times 10^{23}$
আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর, $M = 235$ g

অর্থাৎ, দৃশ্যকল্প ২ তে বছরে ফিশন বিক্রিয়ার সংখ্যা 2.98625×10^{27}টি এবং ব্যবহৃত ${}^{235}_{92}U$ এর ভর 1165.148 kg।

প্রশ্ন ▸ ৪৭ ঢাকা কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৭

একটি নিউট্রনের ভর = 1.008665 amu, একটি প্রোটনের ভর = 1.007277 amu, ${}_3Li^7$ এর ভর = 7.016004 amu এবং ${}_{26}Fe^{56}$ এর ভর = 55.845 amu।

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রত্যেকটি কক্ষপথের ইলেকট্রন কি একই বেগে গতিশীল? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ${}_3Li^7$ এর বন্ধনশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ${}_3Li^7$ ও ${}_{26}Fe^{56}$ পরমাণুর মধ্যে কোনটি বেশি স্থিতিশীল? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়, ভরের এ পার্থক্যই ভরত্রুটি।

খ হাইড্রোজেন পরমাণুর n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের বেগ,

$v_n = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_o m r_n}}$

যেখানে, r_n = n তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ। প্রদত্ত সমীকরণে ইলেকট্রনের চার্জ e, ভেদনযোগ্যতা, ϵ_o ও ইলেকট্রনের ভর, m ধ্রুবক বলে। আমরা লিখতে পারি– $v_n \propto \frac{1}{\sqrt{r_n}}$

অর্থাৎ, ব্যাসার্ধ বাড়লে বেগ কমে। তাই বলা যায় যে, হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রত্যেকটি কক্ষপথের ইলেকট্রন একই বেগে গতিশীল নয়।

গ

$_3Li^7$ এর প্রোটনসংখ্যা,
Z = 3 এবং নিউট্রন সংখ্যা,
N = 7 − 3 = 4
সুতরাং $_3Li^7$ এর বন্ধন শক্তি,
$B.E = [(Zm_p + Nm_n) - m_{atm}]c^2$
$= [(3 \times 1.007277 + 4 \times 1.008665) - 7.016004]c^2$
$= 0.040487 \text{ amu} \times c^2$
$= \frac{0.040487 \times 931.5 \text{ MeV}}{c^2} \times c^2 = 37.71 \text{ MeV}$ **(Ans.)**

এখানে,
$_3Li^7$ এর ভর $m_{atm} = 7.016004$ amu
একটি নিউট্রনের ভর,
$m_n = 1.008665$ amu
একটি প্রোটনের ভর,
$m_p = 1.007277$ amu

ঘ 'গ' হতে পাই, $_3Li^7$ এর বন্ধন শক্তি, B.E = 37.71 MeV
$_{26}Fe^{56}$ এর প্রোটন সংখ্যা, Z = 26
এবং নিউট্রন সংখ্যা, N = 56 − 26

এখানে,
নিউট্রনের ভর,
$m_n = 1.008665$ amu
প্রোটনের ভর,
$m_p = 1.007277$ amu
$_{26}Fe^{56}$ এর ভর,
$m_{atm} = 55.845$ amu

সুতরাং $_{26}Fe^{56}$ এর বন্ধন শক্তি,
$B.E' = [(Zm_p + Nm_n) - m_{atm}]\ c^2$
$= [(26 \times 1.007277 + 30 \times 1.008665) - 55.845]\ c^2$
$= 0.604152 \text{ amu} \times c^2$
$= 0.604152 \times 931.5 \frac{\text{MeV} \times c^2}{c^2} = 562.77 \text{ MeV}$
লিথিয়ামের ভরসংখ্যা, A = 7
সুতরাং লিথিয়ামের গড় বন্ধন শক্তি, $\frac{B.E}{A} = \frac{37.71}{7} = 5.387$ MeV
এবং $_{26}{}^{Fe^{56}}$ এর ভরসংখ্যা A′ = 56
সুতরাং আয়রনের গড় বন্ধনশক্তি, $\frac{B.E'}{A'} = \frac{562.77}{5} = 10.05$ MeV
$_3Li^7$ এর চেয়ে $_{26}{}^{Fe^{56}}$ এর গড় বন্ধন শক্তি বেশি।
তাই $_{26}{}^{Fe^{56}}$ বেশি স্থিতিশীল।

প্রশ্ন ▸ ৪৮ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

X এবং Y দুটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ। X-পদার্থটির 1g হতে প্রতি সেকেন্ডে 3.5×10^{10} সংখ্যক α কণা নিঃসৃত হয়। X-এর পারমাণবিক ভর 226 g। 4000 বৎসর পরে Y পদার্থটির 12 ভাগের 1 ভাগ অবশিষ্ট থাকে।

ক. আইসোটোপ কাকে বলে? ১
খ. রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য লেখ। ২
গ. Y পদার্থটির ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থটি অধিকতর স্থায়ী হবে? গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা সমান কিন্তু ভরসংখ্যা ভিন্ন তাদেরকে পরস্পরের আইসোটোপ বলে।

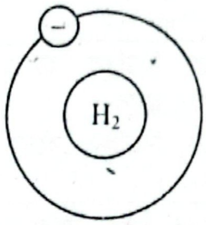
খ যে বিক্রিয়ায় এক বা একাধিক যৌগ পরিবর্তিত হয়ে ভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে কিন্তু উপস্থিত পরমাণুসমূহের কোনো পরিবর্তন হয় না তাকে রাসায়নিক বিক্রিয়া বলে। অপরদিকে কৃত্রিম উপায়ে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটিয়ে নতুন মৌল গঠন করার প্রক্রিয়াকে নিউক্লিয় বিক্রিয়া বলে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট শক্তি খুব কম, মাত্র eV ক্রমের। পক্ষান্তরে নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় শক্তির পরিমাণ অনেক বেশি, MeV ক্রমের।

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $6.212 \times 10^{-4}\ y^{-1}$।

ঘ ১৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** Y পদার্থের গড় আয়ু, $\tau_y = 1609.788$ বছর, X পদার্থের গড় আয়ু, $\tau_x = 2415.06$ বছর; $\tau_x > \tau_y$, তাই, X তেজস্ক্রিয় পদার্থটি অধিকতর স্থায়ী হবে।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

H_2 পরমাণুতে একটি ইলেক্ট্রন প্রোটনকে কেন্দ্র করে 0.53 Å ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট অরবিটে আবর্তন করে।



ক. গড় আয়ু কাকে বলে? ১
খ. কোন নিউক্লিয়াসের প্রতিটি নিউক্লিয়নের পৃথক পৃথক ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের মোট ভর কম কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. ইলেকট্রনটির কৌণিক বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. যদি H_2 পরমাণু 12.09 eV শক্তি শোষণ করে, তবে ইলেক্ট্রনের কৌণিক ভরবেগের কী পরিমাণ পরিবর্তন হবে—গাণিতিক বিশ্লেষণ পূর্বক মতামত দাও। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেকটি তেজস্ক্রিয় পরমাণুর আয়ুর যোগফলকে পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে যে আয়ু পাওয়া যায় তাকে ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু বলে।

খ নিউক্লিয়াসে সম প্রকৃতির (ধনাত্মক) আধানের এক বা একাধিক প্রোটন থাকে। এ প্রোটনগুলোকে পরস্পরের সাথে এবং নিউট্রনগুলোর সাথে আবদ্ধ রাখতে শক্তির দরকার হয়। এটি হলো বন্ধন শক্তি। নিউক্লিয়নগুলো যখন একত্রিত হয় তখন এদের সামষ্টিক ভরের সামান্য ভজাংশ $E = \Delta m.c^2$. সূত্রানুসারে উক্ত বন্ধন শক্তিতে পরিণত হয়। তাই কোনো নিউক্লিয়াসের প্রতিটি নিউক্লিয়নের পৃথক পৃথক ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের মোট ভর সামান্য কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

গ বোরের ১ম স্বীকার্য অনুযায়ী,

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$
$$\text{বা, } v = \frac{nh}{2\pi mr}$$
$$\text{বা, } \omega r = \frac{nh}{2\pi mr}$$
$$\therefore \omega = \frac{nh}{2\pi mr^2}$$
$$= \frac{1 \times 6.63 \times 10^{-34}}{2\pi \times 9.1 \times 10^{-31} \times (0.53 \times 10^{-10})^2}$$
$$= 4.13 \times 10^{16}\ \text{rads}^{-1}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
কক্ষপথের ব্যাসার্ধ,
$r_1 = 0.53$ Å
$= 0.53 \times 10^{-10}$ m
∴ কক্ষপথের ক্রমসংখ্যা, n = 1 [∵ r = 0.53 Å]
প্লাংকের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
ইলেকট্রনের ভর,
$m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

ঘ ১ম শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ,

$$L_1 = \frac{n_1 h}{2\pi}$$
$$= \frac{1 \times 6.63 \times 10^{-34}}{2\pi}$$
$$= 1.055 \times 10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$$

এখানে,
প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
আমরা জানি,
১ম শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের শক্তি,
$E_1 = -13.6$ eV
$n_1 = 1$

ধরি, ইলেকট্রনটি $\Delta E = 12.09$ eV শক্তি শোষণ করে n_2 কক্ষপথে অবতরণ করে।

আবার, $\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_2^2}{n_1^2}$ বা, $E_2 = E_1 \times \frac{n_1^2}{n_2^2} = -13.6 \times \frac{1^2}{n_2^2} = -\frac{13.6}{n_2^2}$

এখানে, $\Delta E = E_2 - E_1$ বা, $12.09 = \frac{E_1}{n_2^2} - (-13.6)$

বা, $12.09 = \frac{-13.6}{n_2^2} + 13.6$ বা, $\frac{13.6}{n_2^2} = 13.6 - 12.09 = 1.51$

বা, $n_2 = 3$

সুতরাং কৌণিক ভরবেগ,

$$L_2 = \frac{n_2 h}{2\pi} = \frac{3 \times 6.63 \times 10^{-34}}{2\pi} = 3.165 \times 10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$$

কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন, $\Delta L = L_2 - L_1$

$$= 3.165 \times 10^{-34} - 1.055 \times 10^{-34}$$
$$= 2.11 \times 10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$$

সুতরাং কৌণিক ভরবেগ, $2.11 \times 10^{-34}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-1}$ পরিমাণ বাড়বে।

প্রশ্ন ▶৫০ ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৩

হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনটি তৃতীয় কক্ষপথ থেকে প্রথম কক্ষপথে গমন করলে শক্তি বিকিরিত হয়।

ক. সমবিভব তল কী? ১

খ. রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে তৃতীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত বিকিরিত শক্তির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করে তা দৃশ্যমান হবে কিনা যাচাই করো। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে যে তলের প্রত্যেকটি বিন্দুর তড়িৎ বিভব সমান তাই সমবিভব তল।

খ যে কোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ার জন্য, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ সম্পর্কটি প্রযোজ্য। রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং $\Delta U + \Delta W = 0$ বা, $\Delta U = -\Delta W$। সিস্টেম (গ্যাস) সংকুচিত হওয়ায় ΔW ঋণাত্মক, সুতরাং ΔU ধনাত্মক। অতএব, রুদ্ধতাপীয় সংকোচনে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি (ΔU) বৃদ্ধি পায়। প্রকৃতপক্ষে সংকোচনের ফলে সিস্টেমের উপর কার্য সম্পাদিত হয় যা অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি করে।

গ ৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বিকিরিত শক্তির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 1.034×10^{-7} m, যা দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লায় অবস্থিত নয়। সুতরাং, নিঃসরিত বিকিরণটি দৃশ্যমান হবে না।

প্রশ্ন ▶৫১ ঢাকা সিটি কলেজ । প্রশ্ন নং ৮

ইউরেনিয়ামের দুটি আইসোটোপ ${}^{238}_{92}U$ এবং ${}^{228}_{92}U$ নিউক্লিয়াসের ভর যথাক্রমে 238.050787 amu এবং 228.031366 amu। প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে 1.007277 amu এবং 1.008665 amu।

[1 amu = 931.5 MeV/c^2] ${}^{228}_{92}U$ এর অর্ধায়ু 9 min.

ক. উষ্ণতামিতি ধর্ম কী? ১

খ. আলোর ব্যতিচারে একবর্ণী আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ${}^{228}_{92}U$ এর ক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ইউরেনিয়াম আইসোটোপদ্বয়ের নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি নির্ণয় পূর্বক কোনটি অধিক স্থায়ী গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তা নির্ণয় করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপমাত্রার পরিবর্তনে পদার্থের যে বিশেষ ধর্ম সুষমভাবে পরিবর্তিত হয় এবং যে ধর্মের পরিবর্তন লক্ষ করে তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায়, তাই উষ্ণতামিতি ধর্ম।

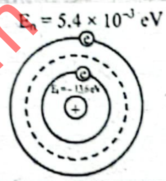
খ ব্যতিচার পরীক্ষার জন্য সুসঙ্গত আলোক উৎসের প্রয়োজন হয়। এর জন্য উৎস হতে নির্গত আলোর তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বা তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও বিস্তার একই হতে হবে। উৎস দুটির মধ্যে পথ পার্থক্য সময়ের সাথে অপরিবর্তিত থাকতে হবে। এই সবগুলো বৈশিষ্ট্য শুধুমাত্র একরঙের আলোর উৎস হতে পাওয়া যায়। একরঙের আলোর উৎস ব্যবহার না করলে সুসঙ্গত উৎস তৈরি হবে না, ফলে ব্যতিচার সৃষ্টি হবে না। তাই আলোর ব্যতিচারে একবর্ণী আলো ব্যবহার করা হয়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.077 min^{-1}

ঘ ৪৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ${}^{238}_{92}U$ এর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি 7.373 MeV ও ${}^{228}_{92}U$ এর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি 7.4216 MeV। অর্থাৎ, ${}^{228}_{92}U$ আইসোটোপটি অধিক স্থায়ী।

প্রশ্ন ▶৫২ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা । প্রশ্ন নং ৬



চিত্রের হাইড্রোজেন পরমাণুর মডেল দেখানো হলো।

ক. তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্রটি লেখ। ১

খ. তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লিয় ঘটনা— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তথ্য হতে n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. তোমার মতে উদ্দীপকের ২য় কক্ষপথ হতে ইলেকট্রন ১ম কক্ষপথে গমন করলে নির্গত বিকিরণ দৃশ্যমান হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মুহূর্তে তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙন বা অবক্ষয়ের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক।

খ নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলেই তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয় এবং তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের মাধ্যমে এক মৌল অন্য মৌলে পরিণত হয়। তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। বাইরের কোনো প্রক্রিয়া যেমন— তাপ, চাপ, তড়িৎ বা চৌম্বকক্ষেত্র ইত্যাদি এ ঘটনাকে প্রভাবিত করতে পারে না। তেজস্ক্রিয়তায় নিউক্লিয়াসের বাইরের ইলেকট্রনের কোনো ভূমিকা নেই। সুতরাং, তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লিয় ঘটনা।

গ আমরা জানি,

$E_n = \frac{E_1}{n^2}$ বা, $n^2 = \frac{E_1}{E_n}$

বা, $n = \sqrt{\frac{E_1}{E_n}} = \sqrt{\frac{-13.6}{-5.4 \times 10^{-3}}}$

$= 50.18 \approx 50$

এখানে,
ভূমি কক্ষপথের শক্তি,
$E_1 = -13.6$ eV
n তম কক্ষপথের শক্তি,
$E_n = -5.4 \times 10^{-3}$ eV
প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক,
$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js

কৌণিক ভরবেগ, $L = \frac{nh}{2\pi}$

$= \frac{50 \times 6.626 \times 10^{-34}}{2\pi} = 5.2728 \times 10^{-33}$ Js **(Ans.)**

ঘ ৭(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** নির্গত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 121.57 nm যা দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সীমার বাইরে। অর্থাৎ, নির্গত বিকিরণ দৃশ্যমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৫৩ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৮

১৯৩৮ সালে ব্রিটেনের উডব্রিজ এলাকায় প্রাচীন জাহাজের মধ্যে কবরস্থান আবিষ্কার হয় যা "সাটন হু" নামে পরিচিত। এখানে প্রাপ্ত অধিকাংশ জিনিস বর্তমানে ব্রিটিশ জাদুঘরে সংরক্ষিত রয়েছে। ১৯৯৮ সালে "সাটন হু" তে প্রাপ্ত মানুষের মাথার খুলি থেকে $^{14}_{6}C$ এর ভাজান হার পাওয়া গেল $12.5\ m^{-1}$। $^{14}_{6}C$ এর ভাজান হার বায়ুমণ্ডলে প্রতি 1 gm এ $15.0\ m^{-1}$। $^{14}_{6}C$ এর অর্ধায়ু 5730 year।

ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১

খ. বিমুখী ঝোঁকে ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার বৃদ্ধি পায় কেন?— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে $^{14}_{6}C$ এর ক্ষয়ধ্রুবক কত? ৩

ঘ. "সাটন হু" সপ্তম শতাব্দীর নিদর্শন— গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত লিখ। 8

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল থাকার কারণে কাল বা সময় সম্প্রসারিত হওয়াই কাল দীর্ঘায়ন।

খ তড়িৎ উৎসের ঋণাত্মক ও ধনাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জংশনের p ও n অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে তাকে বিমুখী ঝোঁক বলে। বিপরীত ঝোঁকে ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে p অঞ্চলের হোলগুলো এবং ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে n অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো জংশন হতে দূরে সরে যায়। এতে n অঞ্চল হতে কিছু ইলেকট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তে গমন করায় নিঃশোষিত অঞ্চলে ধনাত্মক আয়নের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং এর বিভব বৃদ্ধি পায়। আবার ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত হতে ইলেকট্রন এসে p অঞ্চলের কিছু হোলের সাথে যুক্ত হয়ে এদের ঋণাত্মক আয়নে পরিণত করে ফলে নিঃশোষিত অঞ্চলের বিভব হ্রাস পায়। অর্থাৎ বিমুখী ঝোঁকে জংশনের দুপাশের বিভব পার্থক্য বৃদ্ধি পায় এবং তদুপরি নিঃশোষিত অঞ্চল বা ডিপ্লেশন লেয়ার বৃদ্ধি পায়।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $1.209 \times 10^{-4}\ y^{-1}$।

ঘ

আমরা জানি,

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

সুতরাং ১ম ক্ষেত্রে,

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_1$$

বা, $12.5 = -\lambda N_1$ ...... (i)

বায়ুতে,

$$\left(\frac{dN}{dt}\right)_a = -\lambda N_2$$

বা, $15 = -\lambda N_2$ ...... (ii)

(ii) ÷ (i) থেকে পাই,

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{15}{12.5}$$

এখানে,

১ম ক্ষেত্রে কার্বনের ভাজানের হার, $\frac{dN}{dt} = 12.5\ m^{-1}$

বায়ুতে কার্বনের ভাজানের হার, $\left(\frac{dN}{dt}\right)_a = 15\ m^{-1}$

'গ' হতে প্রাপ্ত ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = 1.209 \times 10^{-4}\ y^{-1}$

১ম ক্ষেত্রে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, N_1

২য় ক্ষেত্রে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, N_2

সময়, $t = ?$

সময়, t হলে আমরা পাই-

$$\int_{N_1}^{N_2} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \text{ বা, } \ln\frac{N_2}{N_1} = -\lambda t$$

$$\text{বা, } t = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N_2}{N_1}\right) = -\frac{1}{1.209 \times 10^{-4}} ln\left(\frac{15}{12.5}\right) = -1508 \text{ বছর}$$

অর্থাৎ 'সাটন হু' টি (1998 – 1508) বা 490 সালের নিদর্শন। অতএব, এটি সপ্তম শতাব্দীর নয় বরং পঞ্চম শতাব্দীর নিদর্শন।

প্রশ্ন ▸ ৫৪ সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৩

2010 সালে A ও B দুটি তেজস্ক্রিয় মৌলের ভর ছিল 10 g। তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের ফলে 2020 সালে B মৌলের 8 g অবশিষ্ট থাকে। [A মৌলের গড় আয়ু 12.5 বছর]

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. বোরের পরমাণু মডেলের সাহায্যে কিভাবে রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের সীমাবদ্ধতা দূর করা হয়েছে? ২

গ. A মৌলের অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 2030 সালে উভয় মৌল সমপরিমাণে অবশিষ্ট থাকবে কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। 8

৫8 নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়, ভরের এ পার্থক্যই ভরত্রুটি।

খ রাদারফোর্ডের মডেল অনুযায়ী আবর্তনশীল ইলেকট্রন প্রতিনিয়ত তাড়িৎ চৌম্বক শক্তি বিকিরণ করবে। ফলে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসে পতিত হবে এবং পরমাণুর স্থায়ী গঠন থাকবে না।

কিন্তু বোরের মতবাদ অনুযায়ী ইলেকট্রন যখন উচ্চ শক্তিস্তর থেকে নিম্ন শক্তিস্তরে আসে তখন শক্তি বিকিরণ করে। আবার নিম্ন শক্তিস্তর থেকে উচ্চ শক্তিস্তরে গেলে শক্তি শোষণ করে। এতে করে ইলেকট্রনসমূহের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে পতিত না হওয়ার ঘটনার ব্যাখ্যা পাওয়া যায়। এভাবে রাদারফোর্ডের মডেলের ত্রুটি দূর করা হয়েছে।

গ ২১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2030 সালে A মৌল অবশিষ্ট থাকবে $N_A = 2.02g$, B মৌল অবশিষ্ট থাকবে $N_B = 6.4\ g$, $N_A \neq N_B$। তাই উভয় মৌল সমপরিমাণ অবশিষ্ট থাকবে না।

প্রশ্ন ▸ ৫৫ আইডিয়াল কলেজ, ধানমন্ডি, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৭

22 MeV ও 25 MeV শক্তি প্রয়োগ করে হিলিয়াম নিউক্লিয়াসকে ভেঙে প্রোটন ও নিউট্রনে পরিণত করার চেষ্টা করা হলো। প্রোটনের ভর 1.00758 amu, নিউট্রনের ভর 1.00894 amu এবং হিলিয়ামের ভর 4.00389 amu।

ক. তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক কী? ১

খ. কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষ কাল অসীম— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. হিলিয়ামের ভরত্রুটি বের করো। ৩

ঘ. কোন ক্ষেত্রে হিলিয়াম নিউক্লিয়াস ভাঙাতে সক্ষম হবে কি-না, গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। 8

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভাঙনের সম্ভাব্যতাই ঐ পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক।

খ মনে করি, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের নমুনায় আদি বা প্রারম্ভিক পরমাণু সংখ্যা N_0 এবং অবক্ষয় ধ্রুবক λ। সুতরাং, t সময়ান্তে অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$$N = 0 \text{ হতে হলে, } N_0 e^{-\lambda t} = 0 \text{ বা, } e^{-\lambda t} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{1}{e^{\lambda t}} = 0 \text{ বা, } e^{\lambda t} = \frac{1}{0} = \infty \text{ বা, } \lambda t = \infty$$

$$\therefore t = \frac{\infty}{\lambda} = \infty$$

সুতরাং, তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষ কাল অসীম।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ বেগম বদরুন্নেসা সরকারি মহিলা কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৭

এক খন্ড রেডিয়ামে 6.023×10^{23} টি অক্ষত পরমাণু ছিল। এক বছর পর দেখা গেল যে এর 6.0×10^{23} টি পরমাণু ভেঙে গেছে।

ক. আইসোমার কী? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়াটি প্রত্যাগামী না অপ্রত্যাগামী? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও। ২

গ. রেডিয়ামের অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পরবর্তী এক বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা পূর্ববর্তী বছরে ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যার সমান হবে কিনা তা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে যাচাই করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আণবিক সংকেত এক কিন্তু গাঠনিক সংকেত ভিন্ন এমন যৌগদ্বয়কে পরস্পরের আইসোমার বলা হয়।

খ তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়াটি একটি অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া। কারণ আমরা জানি, যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না অর্থাৎ সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় না তাকে অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে। তড়িৎ প্রবাহের ফলে সিস্টেমে কিছু লস হয়। এ কারণে সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী কাজের ফলাফল এক হয় না। তাই এটি একটি অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া।

গ ২৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.124 বছর।

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ জাতির জনক বঙ্গবন্ধু শেখ মুজিবুর রহমান সরকারি মহাবিদ্যালয়, উত্তরা, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮

দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল P ও Q এর ক্ষয় ধ্রুবক যথাক্রমে $0.181\ d^{-1}$ এবং $0.257\ d^{-1}$।

ক. আলোর ব্যতিচার কী? ১

খ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না কেন– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P মৌলের গড় আয়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের মৌল দুটির 75% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময় একই হবে কিনা– গাণিতিকভাবে মতামত দাও। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পাশাপাশি অবস্থিত দুটি উৎস থেকে নির্গত সমান কম্পাঙ্ক ও বিস্তারের দুটি আলোক তরঙ্গের উপরিপাতনের ফলে পর্যায়ক্রমে উজ্জ্বল ও অন্ধকার অবস্থার সৃষ্টি হওয়াকে আলোর ব্যতিচার বলে।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি অনুসারে, কোনো কণার অবস্থান এবং গতিবেগ একই সাথে নির্দিষ্টভাবে নির্ধারণ করা সম্ভব নয়। যদি ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের ভেতরে থাকত, তাহলে তার অবস্থান খুবই সুনির্দিষ্ট হতো (প্রায় শূন্য পরিসরে)। ফলে অনিশ্চয়তা নীতি অনুসারে, তার গতিবেগ অত্যন্ত বেশি হতে বাধ্য, যা ইলেকট্রনকে নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ধরে রাখতে অসম্ভব করে তোলে। তাই পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

গ

আমরা জানি,

গড় আয়ু $\tau = \dfrac{1}{\lambda} = \dfrac{1}{0.181}$

$= 5.524$ days **(Ans.)**

এখানে,

P মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক,

$\lambda = 0.181\ d^{-1}$

ঘ

মৌলের 75% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট থাকবে 25%।

অর্থাৎ, $N = 25\% N_0$

বা, $\dfrac{N}{N_0} = 0.25$

এখানে,

P এর ক্ষয় ধ্রুবক,

$\lambda_P = 0.181\ d^{-1}$

Q এর ক্ষয় ধ্রুবক,

$\lambda_Q = 0.257\ d^{-1}$

আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$\dfrac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ বা, $\ln\left(\dfrac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$ বা, $t = -\dfrac{1}{\lambda}\ln(0.25)$

এখন P মৌলের 25% অক্ষত থাকার সময়, t_P হলে,

বা, $t_P = \dfrac{\ln(0.25)}{-\lambda_P} = \dfrac{\ln(0.25)}{-0.181} = 7.65$ day

একইভাবে Q মৌলের 25% অক্ষত থাকতে প্রয়োজনীয় সময় t_Q হলে,

$$t_Q = \frac{\ln(0.25)}{-\lambda_Q} = \frac{\ln(0.25)}{-0.257} = 5.39 \text{ day}$$

দেখা যাচ্ছে, $t_P \neq t_Q$। অর্থাৎ উভয় মৌলের 25% অক্ষত থাকতে প্রয়োজনীয় সময় ভিন্ন হবে। P এর সময় লাগবে 7.65 days এবং Q এর সময় লাগবে 5.39 day।

প্রশ্ন ▶ ৫৮ প্রেসিডেন্ট প্রফেসর ড. ইয়াজউদ্দিন আহম্মেদ রেসিডেন্সিয়াল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, মুন্সীগঞ্জ ▌প্রশ্ন নং ২

নিচে একটি ইউরেনিয়ামের ফিশন বিক্রিয়া দেওয়া হলো–

${}^{235}U_{92} + {}^{1}n_{5} \rightarrow {}^{133}Sb_{51} + {}^{99}Nb_{41} + 4\,{}^{1}n_{0} +$ শক্তি

এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তির দ্বিগুণ শক্তি দিয়ে একটি ${}^{31}P_{15}$ নিউক্লিয়াসকে আঘাত করা হলো।

[${}^{235}U$-এর ভর = 235.04 amu, ${}^{133}Sb$ এর ভর = 132.915 amu, ${}^{99}Nb$-এর ভর = 98.911 amu, ${}^{31}P$ এর ভর = 30.973 amu, ${}^{1}n_0$ এর ভর = 1.008 amu, প্রোটনের ভর = 1.0072 amu, 1 amu = 931.5 MeV/c^2]

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে কোন ইলেকট্রন নেই অথচ নিউক্লিয়াস থেকে β কণার নিঃসরণ কীভাবে হয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ফিশন বিক্রিয়াটির ভরত্রুটি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আঘাতের ফলে ${}^{31}P_{15}$ নিউক্লিয়াসটি ভাঙবে কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়, ভরের এ পার্থক্যই ভরত্রুটি।

খ পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না কিন্তু বিটা ক্ষয়ে ইলেকট্রন নির্গত হয়। এর কারণ পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যখন একটি নিউট্রন একটি প্রোটনে পরিণত হয়, তখন একটি ইলেকট্রন উৎপন্ন হয় ($n \longrightarrow p^+ + e^-$)। এই ইলেকট্রনটির উপর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত তীব্র নিউক্লিয় বলের কোনো প্রভাব থাকে না। তাই ইলেকট্রনটি নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে না, β কণা হিসেবে বেরিয়ে আসে।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.19 amu।

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তির দ্বিগুণ হলো 5.66×10^{-11} J এবং ${}^{31}P_{15}$ এর নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি হলো 3.92×10^{-11} J। তাই আঘাতের ফলে ${}^{31}P_{15}$ নিউক্লিয়াসটি ভেঙে যাবে।

প্রশ্ন ▸৫৯ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▌প্রশ্ন নং ৩

A ও B দুটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ পরীক্ষাগারে রাখা হলো। এদের ভর যথাক্রমে 100 g ও 80 g। 20 দিন পর দেখা গেলো এদের যথাক্রমে 60 g ও 50 g অবশিষ্ট আছে।

ক. পয়েন্টিং ভেক্টর কী? ১

খ. গ্যালিলিয় রূপান্তর লরেঞ্জ রূপান্তরের একটি বিশেষ অবস্থা— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের A পদার্থটির অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের A পদার্থটির 25% এবং B পদার্থের 20% ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে কি? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ চৌম্বক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে লম্বভাবে স্থাপিত তলের একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে অতিক্রান্ত শক্তিই হলো পয়েন্টিং ভেক্টর।

খ আমরা জানি, লরেঞ্জ রূপান্তর সমীকরণগুলো হলে,

$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \; y' = y, z' = z, t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$। লরেঞ্জ রূপান্তরের বিশেষত্ব হলো যখন S ও S′ কাঠামোর আপেক্ষিক বেগ v, আলোর বেগের তুলনায় অনেক কম হয়, তখন লরেঞ্জ রূপান্তর গ্যালিলিও রূপান্তরে পরিবর্তিত হয়। যখন, $v << c$, তখন $\frac{v}{c} \approx 0$,

লরেঞ্জ রূপান্তর সমীকরণগুলো দাঁড়ায়–

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$$

$y' = y, z' = z, t' = t$

যা আসলে গ্যালিলীয় রূপান্তর সমীকরণ। অর্থাৎ, গ্যালিলিয় রূপান্তর লরেঞ্জ রূপান্তরের একটি বিশেষ অবস্থা।

গ

আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

বা, $\ell n\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

বা, $\lambda = -\frac{1}{t} \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$

বা, $\lambda = -\frac{1}{20} \ln\left(\frac{60}{100}\right)$

এখানে,
A পদার্থের ক্ষেত্রে,
আদি ভর, $N_0 = 100g$
অবশিষ্ট ভর, $N = 60g$
সময়, $t = 20d$
ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$

$\therefore \lambda = 0.02554 \; d^{-1}$

$\therefore$ A মৌলের অর্ধায়ু, $T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{0.02554}$

$= 27.134d$ **(Ans.)**

ঘ ৪১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A পদার্থের 25% ক্ষয় হতে সময়, $t_A = 11.264$ d;

B পদার্থের 20%, হতে সময়, $t_B = 9.5$ d। এখানে, $t_A \neq t_B$। তাই, একই সময় লাগবে না।

প্রশ্ন ▸৬০ সরকারি রাজেন্দ্র কলেজ, ফরিদপুর ▌প্রশ্ন নং ৫

দুইটি তেজস্ক্রিয় মৌল A ও B এর অর্ধায়ু যথাক্রমে 16 ঘণ্টা ও 96 ঘণ্টা।

ক. ভরত্রুটি কী? ১

খ. তেজস্ক্রিয় মৌল নিঃশেষ হতে অসীম সময় লাগে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তেজস্ক্রিয় মৌলদ্বয়ের গড় আয়ু বের কর। ৩

ঘ. A মৌলটি যে সময়ে 75% ক্ষয় প্রাপ্ত হবে ঐ সময়ে B মৌলটির 25% অক্ষত থাকবে কিনা- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়, ভরের এ পার্থক্যই ভরত্রুটি।

খ মনে করি, একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের নমুনায় আদি বা প্রারম্ভিক পরমাণু সংখ্যা N_0 এবং অবক্ষয় ধ্রুবক λ। সুতরাং, t সময়ান্তে অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$N = 0$ হতে হলে, $N_0 e^{-\lambda t} = 0$ বা, $e^{-\lambda t} = 0$

বা, $\frac{1}{e^{\lambda t}} = 0$ বা, $e^{\lambda t} = \frac{1}{0} = \infty$ বা, $\lambda t = \infty \;\; \therefore t = \frac{\infty}{\lambda} = \infty$

সুতরাং, একটি তেজস্ক্রিয় মৌল নিঃশেষ হতে অসীম সময় লাগে।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A মৌলের গড় আয়ু 23.088 ঘণ্টা এবং B মৌলের গড় আয়ু 138.53 ঘণ্টা।

ঘ ১৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A মৌলের 75% ক্ষয় হতে 32 ঘণ্টা সময় লাগবে অন্যদিকে B মৌলের 25% অক্ষত থাকবে 192.04 ঘণ্টা পরে। সুতরাং উক্ত সময়ে B মৌলটির 25% এর বেশি অক্ষত থাকবে।

প্রশ্ন ▸৬১ নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ ▌প্রশ্ন নং ৭

একজন গবেষক নিউক্লিয় পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে এক খণ্ড রেডিয়াম নিয়ে গবেষণা করছিল। সে চিন্তা করলো যে, উপযুক্ত ব্যবস্থা গ্রহণ করলে রেডিয়াম খণ্ডটির 1500 বৎসর পর 60% অবশিষ্ট থাকবে। রেডিয়ামের অর্ধায়ু ছিলো 1622 বৎসর।

ক. নিউক্লিয়ার ফিশন কাকে বলে? ১

খ. ভরত্রুটি ব্যাখ্যা করো। ২

গ. রেডিয়াম খণ্ডটির 20% ক্ষয় প্রাপ্ত হতে কত সময় লাগবে? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গবেষকের ধারণা সঠিক কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বিশেষ ধরনের নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় একটি ভারী নিউক্লিয়াস ভেঙে প্রায় সমান ভর বিশিষ্ট দুটি নিউক্লিয়াসে পরিণত হয় এবং বিপুল পরিমাণে শক্তি উৎপন্ন করে, তাকে নিউক্লিয়ার ফিশন বলে।

খ কোনো নিউক্লিয়াসের ভর, এর মধ্যে অবস্থিত নিউক্লিয়নগুলোর ভরের সমষ্টি অপেক্ষা সামান্য কম হয়। অর্থাৎ, নিউক্লিয়নগুলো মিলিত হয়ে নিউক্লিয়াস গঠনের সময় কিছুটা ভর হারায়। একে ভরত্রুটি বলে। নিউক্লিয়াস গঠন করতে নিউক্লিয়নগুলোকে একত্রে ধরে রাখতে কিছু শক্তি ব্যয় করতে হয় বলে ভরত্রুটি পাওয়া যায়।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 522.28 বছর।

ঘ মনে করি, রেডিয়াম খণ্ডটির t সময় পরে 60% অবশিষ্ট থাকবে।

আমরা জানি,

ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{1622}$

বা, $\lambda = 4.2725 \times 10^{-4} y^{-1}$

এখানে,
রেডিয়ামের অর্ধায়ু,
$T_{\frac{1}{2}} = 1622$ yr
$N = 60\% N_0 = 0.6 N_0$
সময়, t = ?

আবার, $N = N_0 e^{-\lambda t}$ বা, $e^{-\lambda t} = \frac{N}{N_0}$

বা, $-\lambda t = \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$ বা, $t = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$

$= -\frac{1}{4.2725 \times 10^{-4}} \times ln\left(\frac{0.6 N_0}{N_0}\right) = 1195.6$yr

অর্থাৎ, রেডিয়াম খণ্ডটির 40% ক্ষয় হতে সময় লাগবে 1195.6 বছর। অতএব, গবেষকের ধারণাটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬২ সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর । প্রশ্ন নং ৩

নিউক্লিয়ার মেডিসিনের সাহায্যে একজন রোগীর শরীরের ভেতরে টিউমার চিকিৎসার জন্য টিউমারের মাঝে 9×10^{15} সংখ্যক পরমাণুবিশিষ্ট তেজস্ক্রিয় আয়োডিনের একটি টুকরা রাখা হলো। যদি তেজস্ক্রিয় আয়োডিন পরমাণুর ভাঙ্গানের পরিমাণ প্রতিদিন 15×10^6 সংখ্যক বা তার চেয়ে বেশি হয়, তবে টিউমার ব্যতিত শরীরের অন্যান্য সুস্থ কোষগুলোর উপরও ক্ষতিকর প্রভাব পড়তে থাকে। আয়োডিনের অর্ধায়ু 6 ঘন্টা।

ক. পারমাণবিক ভর একক কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের জন্য কেন্দ্রমুখী বলের উৎস ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তেজস্ক্রিয় আয়োডিনের গড় আয়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের উল্লেখিত চিকিৎসায় রোগী নিরাপদ কিনা উত্তরের স্বপক্ষে গাণিতিক বিশ্লেষণ দেখাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক $^{12}_{6}C$ এর একটি পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশকে পারমাণবিক ভর একক (a.m.u) বলে।

খ নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রনের ঘূর্ণনের জন্য কেন্দ্রমুখী বলের উৎস হলো তড়িৎ আকর্ষণ বল। এ আকর্ষণ বল ইলেকট্রন এবং নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের মধ্যে কার্যকর থাকে। নিউক্লিয়াস ধনাত্মক চার্জযুক্ত এবং ইলেকট্রন ঋণাত্মক চার্জযুক্ত, তাই এদের মধ্যে কার্যকর আকর্ষণ বল কুলম্বের সূত্র দিয়ে নির্ণয় করা সম্ভব। এ আকর্ষণ বল ইলেকট্রনকে নিউক্লিয়াসের চারদিকে টানে এবং বৃত্তাকার গতিপথে ঘূর্ণনে সাহায্য করে।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 8.658 hr।

ঘ আমরা জানি,

তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$

$= \frac{0.693}{6} = 0.1155 \text{ hr}^{-1}$

আবার,
$N = N_0 e^{-\lambda t}$
বা, $N = 9 \times 10^{15} \times e^{-0.1155 \times 24}$
$\therefore N = 5.63 \times 10^{14}$

এখানে,
আয়োডিনের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 6$ hr
ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = ?$
প্রারম্ভিব অণুর সংখ্যা,
$N_0 = 9 \times 10^{15}$
সময়, t = 1 day = 24 hr
ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা,
$\Delta N = N_0 - N_A = ?$

অতএব, $\Delta N = N_0 - N = 9 \times 10^{15} - 5.63 \times 10^{14}$
$= 8.437 \times 10^{15} > 15 \times 10^6$

যেহেতু প্রতিদিন তেজস্ক্রিয় আয়োডিন পরমাণুর ভাঙ্গানের পরিমাণ 15×10^6 থেকে বেশি তাই উদ্দীপকের উল্লেখিত চিকিৎসায় রোগী নিরাপদ নয়।

প্রশ্ন ▶ ৬৩ শেরপুর সরকারি মহিলা কলেজ । প্রশ্ন নং ৮

কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু 3.82 day। পরীক্ষাগারে দেখা যায় 17.74 day পর এর $\frac{1}{25}$ অংশ অবশিষ্ট থাকে।

ক: বন্ধন শক্তি কাকে বলে? ১

খ. রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লিয় বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য কী? ২

গ. মৌলটির গড় আয়ু কত? ৩

ঘ. পরীক্ষাগারে প্রাপ্ত ফলাফলের গাণিতিক সঠিকতা যাচাই কর। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

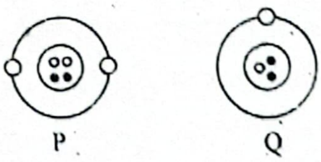
ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেঁধে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি বলে।

খ যে বিক্রিয়ায় এক বা একাধিক যৌগ পরিবর্তিত হয়ে ভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে কিন্তু উপস্থিত পরমাণুসমূহের কোনো পরিবর্তন হয় না তাকে রাসায়নিক বিক্রিয়া বলে। অপরদিকে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটে নতুন মৌল গঠিত হওয়ার প্রক্রিয়াকে নিউক্লিয় বিক্রিয়া বলে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট শক্তি খুব কম, মাত্র eV ক্রমের। পক্ষান্তরে নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় শক্তির পরিমাণ অনেক বেশি, MeV ক্রমের।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 5.51 day।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{25}$। অর্থাৎ, পর্যবেক্ষণটি সঠিক ছিল।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ রাজশাহী কলেজ । প্রশ্ন নং ৭



P পরমাণুর ভর 6.64×10^{-27} kg এবং Q পরমাণুর ভর 3.32×10^{-27} kg। প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে 1.672×10^{-27} kg ও 1.675×10^{-27} kg

ক. চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব কাকে বলে? ১

খ. ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় উৎসদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব কম হওয়া প্রয়োজন কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. P পরমাণুর ভরত্রুটি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন পরমাণুর বন্ধন ভাঙতে বেশি শক্তি দিতে হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর তলে কোনো বিন্দুর চতুর্দিকে ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলে অবস্থিত চার্জের পরিমাণ এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব বলে।

খ ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষার সাহায্যে আলোর ব্যতিচার ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায়। ব্যতিচার মানে হচ্ছে আলোর উপরিপাতন। দ্বিচিড় পরীক্ষায় উৎসদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব বেশি হলে আলোর উপরিপাতন হয় না। ফলে ব্যতিচার পর্যবেক্ষণ করা যায় না। তাই, ইয়ং এর দ্বিচিড় পরীক্ষায় উৎসদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব কম হওয়া প্রয়োজন।

গ ৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ভরত্রুটি 5.4×10^{-29} kg।

ঘ P পরমাণুর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \dfrac{\Delta m_1 c^2}{A_1}$

$= \dfrac{5.4 \times 10^{-29} \times (3 \times 10^8)^2}{4}$

$= 1.215 \times 10^{-12}$ J

$= \dfrac{1.215 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-13}}$ MeV

$= 7.594$ MeV

Q পরমাণুর ক্ষেত্রে,

ভরত্রুটি, $\Delta m_2 = Zm_p + Nm_n - m$

$= 1 \times 1.672 \times 10^{-27} + 2 \times 1.675 \times 10^{-27} - 3.32 \times 10^{-27}$

$= 1.702 \times 10^{-27}$ kg

এখানে,

'গ' হতে পাই, P পরমাণুর ভরত্রুটি,

$\Delta m_1 = 5.4 \times 10^{-29}$ kg

ভরসংখ্যা, $A_1 = 4$

Q পরমাণুর,

ভর, $m = 3.32 \times 10^{-27}$ kg

প্রোটনের ভর,

$m_p = 1.672 \times 10^{-27}$ kg

নিউট্রনের ভর,

$m_n = 1.675 \times 10^{-27}$ kg

ভরসংখ্যা, $A_2 = 3$

প্রোটন সংখ্যা, $Z = 1$

নিউট্রন সংখ্যা, $N = A_2 - Z$

$= 3 - 1 = 2$

Q পরমাণুর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি

$= \dfrac{\Delta m_2 c^2}{A_2} = \dfrac{1.702 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2}{3} = 5.106 \times 10^{-11}$ J

$= \dfrac{5.106 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-13}}$ MeV $= 319.125$ MeV

দেখা যাচ্ছে, Q পরমাণুর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি P পরমাণুর তুলনায় অনেক বেশি। তাই Q পরমাণুর বন্ধন ভাঙতে অনেক বেশি শক্তি দিতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৭

${}_1H^3 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$ ফিউশন বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তি দিয়ে একটি আলফা কণাকে আঘাত করা হলো। দেওয়া আছে:

${}_1H^3$ এর ভর = 3.0155 amu

${}_1H^2$ এর ভর = 2.0136 amu

${}_2He^4$ এর ভর = 4.0015 amu

নিউট্রন (n) এর ভর = 1.00867 amu

প্রোটন (p) এর ভর = 1.00758 amu

ক. আইসোটোপ কী? ১

খ. তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লিয় ঘটনা— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ফিউশন বিক্রিয়াটির ভরত্রুটি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি আলফা (α) কণাকে সম্পূর্ণ ভাঙাতে সক্ষম হবে কিনা— তা গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা সমান কিন্তু ভরসংখ্যা ভিন্ন তাদেরকে পরস্পরের আইসোটোপ বলে।

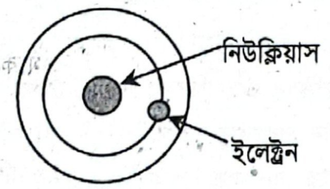
খ নিউক্লিয়াসের ভাঙনের ফলেই তেজস্ক্রিয়তার সৃষ্টি হয় এবং তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের মাধ্যমে এক মৌল অন্য মৌলে পরিণত হয়। তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। বাইরের কোনো প্রক্রিয়া যেমন— তাপ, চাপ, তড়িৎ বা চৌম্বকক্ষেত্র ইত্যাদি এ ঘটনাকে প্রভাবিত করতে পারে না। তেজস্ক্রিয়তায় নিউক্লিয়াসের বাইরের ইলেকট্রনের কোনো ভূমিকা নেই। এসব কারণেই তেজস্ক্রিয়তা সম্পূর্ণরূপে একটি নিউক্লিয় ঘটনা।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর ▌প্রশ্ন নং ২

চিত্রে রাদারফোর্ড মডেল অনুযায়ী হাইড্রোজেন পরমাণুর আকৃতি দেখানো হয়েছে। একজন পরমাণু বিজ্ঞানী একটি ${}^{235}_{92}U$ নিউক্লিয়াস নিয়ে গবেষণা করার সময় একটি নিউট্রন দ্বারা ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসকে আঘাত করলে তিনি ${}^{141}_{56}Ba$, ${}^{92}_{36}Kr$ এবং তিনটি ${}^{1}_{0}n$ পেলেন। ${}^{1}_{0}n$ এর ভর 1.0087 amu, ${}^{141}_{56}Ba$ এর ভর 140.9139 amu, ${}^{92}_{36}Kr$ এর ভর 91.8973 amu এবং ${}^{232}_{92}U$ এর ভর 235.0493 amu।



ক. বিচ্ছিন্ন সিস্টেম কাকে বলে? ১

খ. প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি স্থির থাকে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের চিত্রের দ্বিতীয় কক্ষের একটি ইলেকট্রন প্রথম কক্ষে আসলে নিঃসৃত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ফিশন বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তির পরিমাণ 2×10^8 eV এর অধিক হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সিস্টেম পরিবেশের সাথে ভর বা শক্তি কোনো কিছুই বিনিময় করে না, তাকে বিচ্ছিন্ন সিস্টেম বলে।

খ প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় কোনো একটি সিস্টেম বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে। এক্ষেত্রে সিস্টেম A থেকে B তে যাওয়ার সময় এনট্রপির পরিবর্তন $dS_1 = \dfrac{dQ}{T_1}$ হলে, B থেকে A থেকে ফেরার সময় এনট্রপির পরিবর্তন $dS_2 = -\dfrac{dQ}{T_1}$ হবে। অর্থাৎ এনট্রপির মোট পরিবর্তন, $dS = dS_1 + dS_2 = \dfrac{dQ}{T_1} - \dfrac{dQ}{T_1} = 0$ হবে।

অর্থাৎ, প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন হয় না বা এনট্রপি স্থির থাকে।

গ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.226×10^{-7} m।

ঘ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: হ্যাঁ। কারণ, উদ্দীপকের ফিশন বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তির পরিমাণ 2.056×10^8 eV যা 2×10^8 eV এর অধিক।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ **ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষ্মীপুর ‖ প্রশ্ন নং ৪**

কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থের অবক্ষয় ধ্রুবকের মান $3.75 \times 10^{-2}\ y^{-1}$।

ক. ফিশন কী? ১

খ. রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে কী বুঝায়? ২

গ. তেজস্ক্রিয় পদার্থটির 60% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের প্রদত্ত তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু অপেক্ষা গড় আয়ু বেশি- গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিশেষ ধরনের নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় একটি ভারী নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে প্রায় সমান ভর বিশিষ্ট দুটি হালকা নিউক্লিয়াসে বিভাজিত হওয়াই ফিশন।

খ রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে বোঝায় নির্দিষ্ট সংখ্যক রেডন পরমাণু ভেঙ্গে ঠিক অর্ধেক হতে সময় লাগে 3.82 দিন। অর্থাৎ, আরো 3.82 দিন পর এটি ভেঙ্গে এক-চতুর্থাংশ হবে।

গ ১৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 24.43 y।

ঘ ২৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** প্রদত্ত তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু, $T_{\frac{1}{2}} = 18.48$ y ও গড় আয়ু, $\tau = 26.67$ y। অর্থাৎ, অর্ধায়ু অপেক্ষা গড় আয়ু বেশি।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ **চট্টগ্রাম কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৫**

$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n +$ শক্তি।

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন γ রশ্মি α কণাকে আঘাত করে। γ রশ্মির শক্তি বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তির 20% এবং 1 u এর ভর = 1.6605×10^{-27} kg

U^{235} এর ভর = 235.0439u; $^{1}_{0}n$ এর ভর = 1.0087u

Ba^{141} এর ভর = 140.9139u; Kr^{92} এর ভর = 91.8973u

α এর ভর = 4.0012u; proton এর ভর = 1.0073u

ক. বন্ধন শক্তি কী? ১

খ. তেজস্ক্রিয়তা শক্তির সংরক্ষণ নীতি মেনে চলে—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রতি ফিশনে উৎপন্ন শক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. γ রশ্মি α কণাকে ভাঙ্গতে পারবে কিনা— গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেঁধে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাই নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি।

খ তেজস্ক্রিয়তা একটি নিউক্লীয় ঘটনা। এ প্রক্রিয়ায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে একটি নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে অপেক্ষাকৃত ছোট নিউক্লিয়াসে পরিণত হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন হয়। নিউক্লিয়ার বন্ধন শক্তিই এই বিপুল পরিমাণ শক্তির উৎস। বিক্রিয়ার ভরত্রুটির সমপরিমাণ তুল্য শক্তি তেজস্ক্রিয় বিকিরণ আকারে নির্গত হয় যা ভর শক্তি রূপান্তর সূত্র $E = mc^2$ দ্বারা নির্ণয় করা যায়। তাই বলা যায়, তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ায় কোন শক্তি উৎপন্ন বা ধ্বংস হয় না। অর্থাৎ, শক্তির সংরক্ষণ নীতি সম্পূর্ণভাবে মেনে চলে।

গ ১৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 3.2175×10^{-11} J।

ঘ

α-কণার ভর ত্রুটি,

$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m$

$= (2 \times 1.0073) + (2 \times 1.0087) - 4.0012$

$= 0.03084u$

$= 0.03084 \times 1.6605 \times 10^{-27}$ kg

$= 5.11434 \times 10^{-29}$ kg

$\therefore$ α কণার বন্ধন শক্তি $= \Delta mc^2$

$= 5.11434 \times (3 \times 10^8)$J

$= 4.602906 \times 10^{-12}$ J

$= \frac{4.602906 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-13}}$ MeV

$= 28.7682$ MeV

এখানে,

α-কণার ক্ষেত্রে,

Proton সংখ্যা, Z = 2

$^{1}_{0}n$ সংখ্যা, N = 2

$^{1}_{0}n$ এর ভর, $m_n = 1.0087u$

Proton এর ভর, $m_p = 1.0073u$

α কণার ভর, $m = 4.0012u$

$1u = 1.6605 \times 10^{-27}$ kg

শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$

'গ' হতে প্রাপ্ত, বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তি $= 3.2175 \times 10^{-11}$ J

$= \frac{3.2175 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-13}}$ MeV $= 201.09375$ MeV

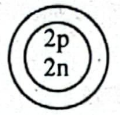
γ রশ্মির শক্তি বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তির 20% বা 0.2 গুণ হওয়ায়

γ রশ্মির শক্তি $= 0.2 \times 201.09375$ MeV $= 40.21875$ MeV

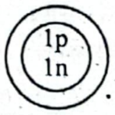
এখানে, γ রশ্মির শক্তি α কণার বন্ধন শক্তির তুলনায় বেশি। তাই, γ রশ্মি α কণাকে ভাঙতে পারবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ **চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৭**

চিত্রের A পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভর B পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভরের দ্বিগুণ। A পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভর 6.64×10^{-27}kg। প্রতিটি প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে 1.672×10^{-27}kg ও 1.675×10^{-27}kg।



A-পরমাণু



B-পরমাণু

ক. শক্তিব্যান্ড কী? ১

খ. তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষকাল অসীম— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. B পরমাণুর ভরত্রুটি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যে কোনটি বেশি স্থায়ী গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির মান পরিপার্শ্বের পরমাণুগুলোর প্রভাবে কিছুটা পরিবর্তন হয়, ফলে ইলেকট্রনগুলোর শক্তি একটি নির্দিষ্ট মানে না থেকে একটি নির্দিষ্ট পাল্লা বা ব্যান্ড তৈরি করে, এটিই শক্তিব্যান্ড।

খ মনে করি, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের নমুনায় আদি বা প্রারম্ভিক পরমাণু সংখ্যা N_0 এবং অবক্ষয় ধ্রুবক λ। সুতরাং, t সময়ান্তে অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

N = 0 হতে হলে, $N_0 e^{-\lambda t} = 0$ বা, $e^{-\lambda t} = 0$

বা, $\frac{1}{e^{\lambda t}} = 0$ বা, $e^{\lambda t} = \frac{1}{0} = \infty$ বা, $\lambda t = \infty$ $\therefore t = \frac{\infty}{\lambda} = \infty$

সুতরাং, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ পুরোপুরি নিঃশেষ হতে অসীম পরিমাণ সময় লাগে।

গ B পরমাণুর ভরত্রুটি,

$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{nu}$

বা, $\Delta m = 1 \times 1.672 \times 10^{-27} + 1 \times 1.675 \times 10^{-27} - 3.32 \times 10^{-27}$

$\therefore \Delta m = 2.7 \times 10^{-29}$ kg (Ans.)

এখানে, B পরমাণুর,
প্রোটন সংখ্যা, $Z = 1$
নিউট্রন সংখ্যা, $N = 1$
প্রোটনের ভর, $m_p = 1.672 \times 10^{-27}$ kg
নিউট্রনের ভর, $m_n = 1.675 \times 10^{-27}$ kg
নিউক্লিয়াসের ভর,
$m_{nu} = \frac{1}{2} \times 6.64 \times 10^{-27}$ kg
$= 3.32 \times 10^{-27}$ kg
ভরত্রুটি, $\Delta m = ?$

ঘ ৪৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: A ও B উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি সমান (1.215×10^{-12}J)। তাই পরমাণু দুটির স্থায়ীত্ব একই।

প্রশ্ন ▸ ৭০ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম ▮ প্রশ্ন নং ৮

কোন এক সময়ে পর্যবেক্ষণে দেখা গেল, 1 মোল তেজস্ক্রিয় পদার্থে 1 বৎসর পরে 5×10^{23} সংখ্যক পরমাণু অক্ষত থাকে। পরবর্তী বৎসরেও তেজস্ক্রিয় পদার্থটি পর্যবেক্ষণ করা হলো। [$N_A = 6.02 \times 10^{23}$]

ক. পারমাণবিক ভর এককের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. "অতি বেগুনি বিপর্যয়" নামক ব্যর্থতা পদার্থবিজ্ঞানের কোন ঘটনার প্রেক্ষিতে হয় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তেজস্ক্রিয় মৌলটির ৪র্থ কক্ষপথের ইলেক্ট্রনের কৌণিক ভরবেগ এককসহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন বৎসরে বেশি সংখ্যক পরমাণু ভেঙ্গে যাবে— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক $^{12}_{6}C$ এর একটি পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশকে পারমাণবিক ভর একক বলা হয়।

খ ক্ল্যাসিকাল পদার্থবিজ্ঞানের মতে আদর্শ কৃষ্ণবস্তু তাপীয় সাম্যাবস্থা থেকে সকল কম্পাঙ্কের বিকিরণ ঘটায় এবং কম্পাঙ্ক বৃদ্ধির সাথে সাথে শক্তির বিকিরণ বৃদ্ধি পায় এবং অসীম পরিমাণ শক্তির নির্গমণ ঘটায় যা কিনা শক্তির নিত্যতা নীতির সুস্পষ্ট লঙ্ঘন। এ অসঙ্গতিকে "অতি বেগুনি বিপর্যয়" বলা হয়।

গ বোরের স্বীকার্য অনুসারে, পরমাণুর n তম কক্ষপথে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ, $L = \frac{nh}{2\pi}$।

অতএব, ৪র্থ কক্ষপথে, $L = \frac{4h}{2\pi}$

বা, $L = \frac{4 \times 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}{2 \times 3.14}$

$\therefore L = 4.22 \times 10^{-34}$ J.s (Ans.)

এখানে,
প্লাঙ্কের ধ্রুবক,
$h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s

ঘ তেজস্ক্রিয় ক্ষয়সূত্র থেকে

আমরা জানি,

$N = N_o e^{-\lambda t}$

বা, $ln\left(\frac{N}{N_o}\right) = -\lambda t$

বা, $t = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N}{N_o}\right)$

এখানে,
1 মোল তেজস্ক্রিয় পদার্থে পরমাণুর সংখ্যা, $N_o = 6.02 \times 10^{23}$
1 বছর পর অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, $N_1 = 5 \times 10^{23}$
2 বছর পর অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, $N_2 = ?$

প্রথম 1 বছর পর,

$t = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N_1}{N_o}\right)$

বা, $1 = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N_1}{N_o}\right)$............(i)

দ্বিতীয় 1 বছর পর;

$t = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N_2}{N_1}\right)$ [কারণ ১ম বছর পর যা অক্ষত থাকবে তাই দ্বিতীয় বছরের প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা]

বা, $1 = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N_2}{N_1}\right)$.............(ii)

(i) ও (ii) থেকে $-\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N_1}{N_o}\right) = -\frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{N_2}{N_1}\right)$

বা, $\frac{N_1}{N_0} = \frac{N_2}{N_1}$ বা, $N_2 = \frac{N_1^2}{N_0} = \frac{(5 \times 10^{23})^2}{6.02 \times 10^{23}} = 4.15 \times 10^{23}$

অতএব ১ম বছরে ভাঙবে $(6.02-5) \times 10^{23}$ বা 1.02×10^{23} টি পরমাণু এবং ২য় বছরে ভাঙবে $(5 - 4.15) \times 10^{23}$ বা 0.85×10^{23} টি পরমাণু। তাই ১ম বছরে বেশি পরমাণু ভাঙবে।

প্রশ্ন ▸ ৭১ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ▮ প্রশ্ন নং ৬

ক্র.নং	পরমাণু	নিউক্লিয়াসের ভর	প্রোটনের ভর	নিউট্রনের ভর
১	Fe^{56}_{26}	55.934939a.m.u	1.007825a.m.u	1.008665a.m.u
২	Bi^{209}_{83}	208.9803a.m.u		

ক. শৃঙ্খল বিক্রিয়ার সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিঃশেষকাল অসীম— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১ম পরমাণুর ভরত্রুটি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. কোন পরমাণু বেশি স্থায়ী? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শৃঙ্খল বিক্রিয়া হচ্ছে এমন একটি ধারাবাহিক বিক্রিয়া যা একবার শুরু হলে তাকে চালিয়ে রাখার জন্য অতিরিক্ত কোনো শক্তির প্রয়োজন হয়না।

খ মনে করি, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের নমুনায় আদি বা প্রারম্ভিক পরমাণু সংখ্যা N_o এবং অবক্ষয় ধ্রুবক λ। সুতরাং, t সময়ান্তে অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা, $N = N_o e^{-\lambda t}$

$N = 0$ হতে হলে, $N_o e^{-\lambda t} = 0$ বা, $e^{-\lambda t} = 0$

বা, $\frac{1}{e^{\lambda t}} = 0$ বা, $e^{\lambda t} = \frac{1}{0} = \infty$ বা, $\lambda t = \infty$

$\therefore t = \frac{\infty}{\lambda} = \infty$

সুতরাং, একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ পুরোপুরি নিঃশেষ হতে অসীম পরিমাণ সময় লাগে।

গ ৬(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.528461 a.m.u।

ঘ বিসমাথের ক্ষেত্রে, প্রতি নিউক্লিয় বন্ধন শক্তি,

$$\frac{B}{A} = \frac{\Delta mc^2}{A}$$

$$= \frac{1}{A}(Zm_p + Nm_n - m_{nu})c^2$$

$$= \frac{1}{209}(83 \times 1.007825 + 126 \times 1.008665 - 208.9803)c^2$$

$$= 8.425 \times 10^{-3}\ \text{amu} \times c^2$$

$$= 8.425 \times 10^{-3} \times 931\ \text{MeV}$$

$$= 7.84\ \text{MeV}$$

এখানে,

বিসমাথ এর

ভর সংখ্যা, $A = 209$

প্রোটন সংখ্যা, $Z = 83$

$m_p = 1.007825$ amu

$m_n = 1.00665$ amu

$m_{nu} = 208.9803$ amu

$N = A' - Z = 126$

Fe এর ভর সংখ্যা $= 56$

'গ' হতে প্রাপ্ত, আয়রনের ভরত্রুটি $= 0.5284$ amu

$\therefore$ Fe এর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি $= \frac{0.5284\ c^2}{56}$

$$= \frac{0.5284}{56} \times 931\ \text{MeV}$$

$$= 8.784\ \text{MeV}$$

অতএব, দেখা যাচ্ছে Fe এর নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি, Bi থেকে বেশি। তাই Fe পরমাণু অধিক স্থায়ী হবে।

প্রশ্ন ▶ ৭২ ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম ▌ প্রশ্ন নং ৬

একজন পদার্থবিদের গবেষণায় কোনো স্থানের তেজস্ক্রিয়তা 10 millicurie ধরা পড়ল যেখানে মানুষের জন্য সহনীয় মাত্রা 5μ curie এবং তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 20 বছর। তিনি মন্তব্য করলেন "আমাদের জীবদ্দশায় এই স্থান মানব বসতির উপযোগী হবে না।" (মানুষের গড় আয়ু 75 বছর)

ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. বিটা ক্ষয়ে ইলেক্ট্রন নির্গত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ঐ স্থানের তেজস্ক্রিয় পদার্থের অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. পদার্থবিদের মন্তব্যে সত্যতা গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়, ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না কিন্তু বিটা ক্ষয়ে ইলেকট্রন নির্গত হয়। এর কারণ পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যখন একটি নিউট্রন একটি প্রোটনে পরিণত হয়, তখন একটি ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়

${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$। এই ইলেকট্রনটির উপর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত তীব্র নিউক্লিয় বলের কোনো প্রভাব থাকে না। তাই ইলেকট্রনটি নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে না এবং β কণা হিসেবে বেরিয়ে আসে। এ কারণে বিটা ক্ষয়ে ইলেকট্রন নির্গত হয়।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৭৩ হাজেরা-তজু ডিগ্রি কলেজ, চট্টগ্রাম ▌ প্রশ্ন নং ৬

HTDC এর পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে 2019 সালে 20 gm তেজস্ক্রীয় পদার্থ সংরক্ষণের উদ্দেশ্যে রাখা ছিল। 2024 সালে এসে দেখা গেল উক্ত পদার্থের 12 gm অবশিষ্ট আছে।

ক. ফিশন কী? ১

খ. পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের শক্তি সর্বদাই ঋণাত্মক— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পদার্থটি অর্ধায়ু নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক মতে 2031 সালে পদার্থটির কী পরিমাণ অবশিষ্ট থাকবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বিশেষ ধরনের নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ায় একটি ভারী নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে প্রায় সমান ভর বিশিষ্ট দুটি হালকা নিউক্লিয়াসে বিভাজিত হয় তাই ফিশন।

খ পরমাণুতে ইলেকট্রনগুলো নির্দিষ্ট কক্ষপথে অবস্থান করে থাকে। কক্ষপথে অবস্থানের পূর্বে ধরে নেয়া হয় ইলেকট্রনগুলো অসীমে ছিল, যেখানে তাদের শক্তি ছিল 0 J।

যদি অসীম থেকে কোনো ইলেকট্রনকে কক্ষপথে স্থাপন করতে হয়, তবে নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক চার্জের কারণে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের দিকে ধাবিত হবে। আর ম্যাক্সওয়েলের তত্ত্বানুসারে, পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারদিকে ইলেকট্রনগুলোর ঘূর্ণনকালে শক্তি বিকিরণ ঘটে। এতে ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ করে তার আবর্ত চক্র কমতে থাকবে। আর তাই বলা যায়, নিউক্লিয়াস আর ইলেকট্রনের মধ্যকার দূরত্ব কমলে ইলেকট্রনটি শক্তি হারাবে বা বিকিরণ করবে। এর মানে হলো পূর্বেই ইলেকট্রনের শক্তি 0 J ছিলো এবং কক্ষপথে গেলে তা আরো শক্তি হারিয়ে ঋণাত্মক হয়ে যাবে। তাই বলা যায়, পরমাণুতে আবদ্ধ ইলেকট্রনের মোট শক্তি সর্বদা ঋণাত্মক হয়।

গ আমরা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

বা, $\left(\frac{N}{N_0}\right) = e^{-\lambda t}$

বা, $ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

বা, $\lambda t = \ln\left(\frac{N_0}{N}\right)$

এখানে,

তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রারম্ভিক ভর,

$N_0 = 20$ gm

পরবর্তী ভর, $N = 12$ gm

সময়, $t = (2024 - 2019)$ year

$= 5$ year

ক্ষয়ধ্রুবক, $\lambda = ?$

বা, $\lambda = \frac{ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{t}$ $\therefore \lambda = \frac{ln\left(\frac{20}{12}\right)}{5}\ \text{year}^{-1}$

এখন, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{ln(2)}{\lambda} = \frac{ln(2)}{\frac{ln\left(\frac{20}{12}\right)}{5}}$

$\therefore T_{\frac{1}{2}} = 6.7846$ year (Ans.)

ঘ ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 5.87 gm তেজস্ক্রিয় পদার্থ অবশিষ্ট থাকবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৪ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা ▮ প্রশ্ন নং ৭

একখণ্ড রেডিয়ামে 6.023×10^{23} টি অক্ষত পরমাণু ছিল। এক বছর পর দেখা গেল 6.00×10^{23} টি পরমাণু ভেঙ্গে গেছে।

ক. ভর ত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লিয় ফিশন ও ফিউশন বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য লিখ। ২

গ. রেডিয়াম মৌলটির অর্ধায়ু বের করো। ৩

ঘ. গাণিতিকভাবে যুক্তি দিয়ে দেখাও যে, পরবর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা পূর্ববর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যার চেয়ে বেশি হবে না। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ

নিউক্লিয়ার ফিশন	নিউক্লিয়ার ফিউশন
i. নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়ায় একটি ভারী নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে প্রায় সমান ভরের দুটি নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়।	i. ফিউশন বিক্রিয়ায় দুটি হালকা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে অপেক্ষাকৃত একটি ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে।
ii. ফিশনে অংশগ্রহনকারী মৌল সাধারণত তেজস্ক্রিয় হয়।	ii. ফিউশনে অংশগ্রহণকারী মৌলগুলো আয়নিত অবস্থায় থাকে।

গ ২৭(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.1245 বছর।

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৭৫ বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৭

হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন এবং এর বাইরের কক্ষপথে একটি ইলেক্ট্রন থাকে। প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবকের মান, ইলেক্ট্রনের ভর, ইলেক্ট্রনের চার্জ এবং শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতার মান 6.63×10^{-34} Js, 9.1×10^{-31} Kg, 1.6×10^{-19} C এবং 8.84×10^{-12} $C^2N^{-1}m^{-2}$।

ক. চেইন বিক্রিয়া কী? ১

খ. রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের আলোকে হাইড্রোজেন পরমাণুর বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গাণিতিকভাবে দেখাও যে, উদ্দীপকের ইলেক্ট্রনটি প্রথম বোর কক্ষপথে আবর্তনরত অবস্থায় থাকতে হলে এর বেগ 2.19×10^6 ms^{-1} এর বেশি বা কম হতে পারে না। ৪

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বিক্রিয়া একবার শুরু হলে তাকে চালিয়ে রাখার জন্য কোনো অতিরিক্ত শক্তির প্রয়োজন হয় না, তাই চেইন বিক্রিয়া।

খ রেডনের অর্ধায়ু 3.82 দিন বলতে বোঝায় নির্দিষ্ট সংখ্যক রেডন পরমাণু ভেঙে ঠিক অর্ধেক হতে সময় লাগে 3.82 দিন। আরো 3.82 দিন পর ভেঙে হয় এক-চতুর্থাংশ।

গ ৭(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.53Å।

ঘ আমরা জানি,

হাইড্রোজেনের প্রথম বোর কক্ষপথে অবস্থানরত ইলেকট্রনের বেগ,

$$v = \frac{nh}{2\pi mr}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2\pi \times 9.1 \times 10^{-31} \times 0.53 \times 10^{-10}}$$

$$= 2.19 \times 10^6 \ ms^{-1}$$

এখানে,

গ থেকে প্রাপ্ত প্রথম বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, $r = 0.53\text{Å}$
$= 0.53 \times 10^{-10}$ m

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s

অতএব, দেখা যাচ্ছে, উদ্দীপকের ইলেকট্রনটি প্রথম বোর কক্ষপথে আবর্তনরত অবস্থায় এর বেগ হবে 2.19×10^6 ms^{-1}, যা নির্দিষ্ট।

Tutor ৭৬ থেকে ৯৮ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph2bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

৭৬. ঢাকা বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৮ .... *panjeree.com/hsc*
৭৭. রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৭ .... *panjeree.com/hsc*
৭৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৭ .... *panjeree.com/hsc*
৭৯. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৭ .... *panjeree.com/hsc*
৮০. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... *panjeree.com/hsc*
৮১. সিলেট বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ২ .... *panjeree.com/hsc*
৮২. যশোর বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৬ .... *panjeree.com/hsc*
৮৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ ▮ প্রশ্ন নং ৭ .... *panjeree.com/hsc*
৮৪. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ▮ প্রশ্ন নং ৭ .... *panjeree.com/hsc*
৮৫. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ ▮ প্রশ্ন নং ৭ .... *panjeree.com/hsc*
৮৬. সিলেট বোর্ড ২০১৭ ▮ প্রশ্ন নং ৮ .... *panjeree.com/hsc*
৮৭. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ ▮ প্রশ্ন নং ৬ .... *panjeree.com/hsc*
৮৮. ঢাকা বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৪ .... *panjeree.com/hsc*
৮৯. রাজশাহী বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৬ .... *panjeree.com/hsc*
৯০. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... *panjeree.com/hsc*
৯১. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... *panjeree.com/hsc*
৯২. যশোর বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৬ .... *panjeree.com/hsc*
৯৩. বরিশাল বোর্ড ২০১৬ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... *panjeree.com/hsc*
৯৪. ঢাকা বোর্ড ২০১৫ ▮ প্রশ্ন নং ৪ .... *panjeree.com/hsc*
৯৫. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ ▮ প্রশ্ন নং ৬ .... *panjeree.com/hsc*
৯৬. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... *panjeree.com/hsc*
৯৭. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৫ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... *panjeree.com/hsc*
৯৮. সিলেট বোর্ড ২০১৫ ▮ প্রশ্ন নং ৫ .... *panjeree.com/hsc*

অধ্যায় ১০ সেমিকন্ডাক্টর ও ইলেক্ট্রনিক্স

বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ

এখানে অধ্যায়ের শুরুতেই বিগত সকল সালের বোর্ড প্রশ্নের সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণ দেওয়া হয়েছে যার মাধ্যমে অধ্যায়টির গুরুত্ব অনুধাবন করা সহজ হবে। ছকের মাধ্যমে প্রদত্ত এ বিশ্লেষণ দেখে তুমি অধ্যায়টি থেকে সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্ন আসার সম্ভাবনাও যাচাই করতে পারবে।

বোর্ড প্রশ্নের (২০১৫-২০২৪) সংখ্যাভিত্তিক বিশ্লেষণের ছক: সৃজনশীল রচনামূলক

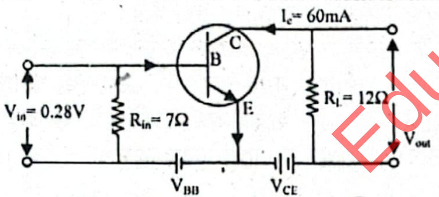
সাল	বোর্ড									
	ঢাকা	ময়মনসিংহ	রাজশাহী	দিনাজপুর	কুমিল্লা	চট্টগ্রাম	সিলেট	যশোর	বরিশাল	মোট
২০২৪	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২৩	১	১	১	১	১	১	১	১	১	৯
২০২২	২	১	১	১	১	১	১	১	১	১০
২০২১	২	১	২	২	২	২	২	২	২	১৭
২০২০	–	–	–	–	–	–	–	–	–	০
২০১৯	০	–	১	১	০	১	১	১	১	৬
২০১৮	০	–	১	০	১	১	০	১	১	৫
২০১৭	১	–	১	১	১	০	১	১	১	৭
২০১৬	১	–	০	১	১	১	০	০	০	৪
২০১৫	০	–	১	০	১	০	১	১	১	৫
মোট প্রশ্ন	৮	৪	৯	৮	৯	৮	৮	৯	৯	–

*বি.দ্র.: ২০২০ সালে বোর্ড পরীক্ষা অনুষ্ঠিত হয়নি।

অধ্যায়ভিত্তিক সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

পরীক্ষার্থী বন্ধুরা, এখানে বোর্ড ও শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের নির্বাচনি পরীক্ষা এবং এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের প্রশ্নগুলোর পূর্ণাঙ্গ উত্তর অধ্যায়ভিত্তিক দেওয়া হয়েছে। এগুলো অনুশীলন করলে তুমি এ অধ্যায়টি থেকে যেকোনো সৃজনশীল রচনামূলক প্রশ্নের উত্তর লিখতে পারবে সহজেই।

প্রশ্ন ▶ ১ ঢাকা বোর্ড ২০২৪ । প্রশ্ন নং ৮



চিত্রে একটি কমন এমিটার n-p-n ট্রানজিস্টর বর্তনী দেখানো হলো।

ক. NAND গেইট কী? ১

খ. ডায়োডের জেনার ক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ২

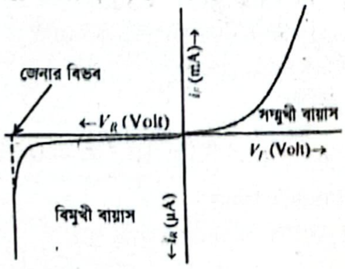
গ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া সম্ভব কিনা, গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক NAND গেইট হলো মৌলিক AND গেটের আউটপুটে NOT গেইট যুক্ত সমবায়।

খ ডায়োডের ক্ষেত্রে সাধারণত শুধুমাত্র সম্মুখ বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ হয় এবং ডায়োডের cut in voltage অতিক্রম করার পর ধীরে ধীরে বিভব পার্থক্য বৃদ্ধির সাথে সাথে তড়িৎ প্রবাহ বাড়তে থাকে। আবার ডায়োডের বিমুখী ঝোঁকে বিভব পার্থক্য প্রয়োগে কোনো তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় না। নিচে ডায়োডের I – V লেখ দেখানো হলো।



লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, সম্মুখী বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ বিমুখী বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ অপেক্ষা অনেক বেশি এবং সম্মুখী বায়াসে অল্প বিভব পার্থক্য বৃদ্ধিতে তড়িৎ প্রবাহের বৃদ্ধি অনেক বেশি হয়। কিন্তু, বিমুখী বায়াসের ক্ষেত্রে বিভব পার্থক্যের বৃদ্ধিতে তড়িৎ প্রবাহের তেমন বৃদ্ধি হয় না। তবে বিমুখী বায়াসে বিভব ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকলে এক সময় দেখা যায় তড়িৎ প্রবাহ হঠাৎ করে উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পায়। এ অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ অনেক বৃদ্ধি করা হলেও ডায়োডের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। জংশনের বিভব বাধা ভেঙ্গে যাওয়া বা বিলুপ্ত হওয়ার কারণে এরূপ ঘটে। বিমুখী বায়াসের যে বিভবের জন্য জংশনের বিভব প্রাচীর ভেঙ্গে যায় তাকে ভাঙ্গন বিভব (breakdown voltage) বা জেনার বিভব (Zener voltage) বলে।

গ ট্রানজিস্টরের ইনপুট কারেন্ট বা বেস কারেন্ট I_B হলে,

$$I_B = \frac{V_{in}}{R_{in}} = \frac{0.28V}{7\Omega} = 0.04\ A$$

এখানে,
ইনপুট ভোল্টেজ, $V_{in} = 0.28\ V$
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 7\Omega$
কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 60mA = 60 \times 10^{-3}\ A = 0.06A$

কালেক্টর কারেন্ট I_E হলে, $I_E = I_B + I_C = 0.04 + 0.06 = 0.1\ A$

$\therefore$ প্রবাহ বিবর্ধন গুণক $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.06}{0.1} = 0.6$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, সংগ্রাহক প্রবাহ $I_C = 0.06A$, বেস প্রবাহ $I_B = 0.04\ A$

$\therefore$ প্রবাহ লাভ β হলে, $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{0.06}{0.04} = 1.5$

বর্তনীর ভোল্টেজ গেইন A_v হলে,

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

কিন্তু বর্তনীতে, আউটপুট ভোল্টেজ $V_{out} = I_C R_L$ এবং ইনপুট ভোল্টেজ $V_{in} = I_B R_i$

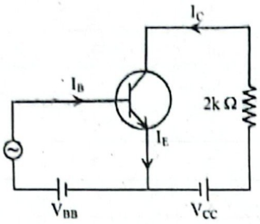
$$\therefore A_v = \frac{I_C R_L}{I_B R_{in}} = \frac{I_C}{I_B} \times \frac{R_L}{R_{in}} = \beta \times \frac{R_L}{R_{in}} = 1.5 \times \frac{12}{7} = 2.57$$

এখানে,
লোড রোধ, $R_L = 12\Omega$
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 7\Omega$
$\beta = 1.5$

দেখা যাচ্ছে, ভোল্টেজ গেইন, $A_v > 1$ অর্থাৎ $V_{out} > V_{in}$ তাই বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনী থেকে বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৮

একটি সাধারণ ইমিটার ট্রানজিস্টর এ 2kΩ মানের লোড রেজিস্টার সংযোগ দেওয়া হলো। ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ 50 এবং ট্রানজিস্টরের অন্তঃরোধ 0.5 kΩ।



ক. বিভব প্রাচীর কাকে বলে? ১

খ. দুটি পৃথক p-n জাংশন ডায়োডকে জোড়া লাগিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা যায় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক বের করো। ৩

ঘ. যদি উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের পীঠ প্রবাহ 60μA হয় তবে ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসাবে ব্যবহার করা যাবে কি-না? গাণিতিকবিশ্লেষণে মতামত দাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জাংশনে সৃষ্ট বিভব পার্থক্য n অঞ্চল থেকে p-অঞ্চলের দিকে ইলেকট্রন প্রবাহকে বাধা দেয় এবং এক সময় প্রবাহ বন্ধ হয়ে সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে। সাম্যাবস্থায় জাংশনের দুপাশের বিভব পার্থক্যকে বিভব প্রাচীর বলে।

খ আমরা জানি, দুটি p টাইপ অর্ধপরিবাহীর মাঝে সুনিয়ন্ত্রিতভাবে n টাইপ অর্ধপরিবাহী ডোপিং করে মিশিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়। দুটি পৃথক p-n জাংশন ডায়োডকে জোড়া লাগিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা যায় না। কারণ ট্রানজিস্টরের ভূমি (base) খুবই পাতলা এবং কম ডোপিং করা হয়। কিন্তু p-n জাংশন ডায়োডকে জোড়া লাগালে ভূমি অঞ্চলটি বেশ মোটা হবে এবং ডোপিং এর পরিমাপ ও অনেক বেশি হবে। ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ (I_C) কমে যাবে এবং ভূমি প্রবাহ (I_B) বৃদ্ধি পাবে। ফলে ট্রানজিস্টরের বিবর্ধন ক্ষমতা কমে যাবে। তাই দুটি আলাদা p-n জাংশন ডায়োডকে জোড়া লাগিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা যাবে না।

গ ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α হলে,
আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{50}{1+50} = \frac{50}{51} = 0.98 \ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 50$

ঘ যদি ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন $A_V > 1$ হয়, তবেই ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যাবে।
আমরা জানি,

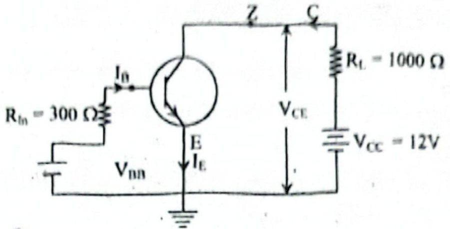
ভোল্টেজ গেইন, $A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_{in}}$
$= 50 \times \frac{2}{0.5}$
$= 200 > 1$

এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 50$
অন্তঃরোধ, $R_{in} = 0.5\ k\Omega$
লোড রোধ, $R_L = 2\ k\Omega$
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 60\ \mu A$

∴ ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যাবে।

প্রশ্ন ▸ ৩ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৩

উদ্দীপকে একটি সাধারণ নিঃসারক n – p – n বর্তনী দেখানো হলো



ক. গতীয় রোধ কাকে বলে? ১

খ. সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধক বর্তনীতে ইনপুট ও আউটপুট সংকেতের মধ্যে 180° দশা পার্থক্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীতে α = 0.99 হলে ক্ষমতা লাভ কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে বহিঃগামী সিগন্যালের ক্ষমতা ও অন্তর্গামী সিগন্যালের ক্ষমতা কিরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি নির্দিষ্ট বায়াস বিভবে এর মানের ক্ষুদ্র পরিবর্তন ও আনুষজ্ঞিক প্রবাহের মানের পরিবর্তনের অনুপাতকে ঐ নির্দিষ্ট বায়াস বিভবে ডায়োডের গতীয় রোধ বলে।

খ সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধক বর্তনীতে ইনপুট ও আউটপুট সংকেতের মধ্যে 180° দশা পার্থক্য হয়। এর কারণ হলো—
যদি প্রথম অর্ধচক্রে এসি অন্তর্গামী ভোল্টেজ ধনাত্মক হয় তাহলে পীঠ ভোল্টেজ আরো বেশি ধনাত্মক হবে কারণ এটি বায়াস ভোল্টেজ V_{BB} এর ধনাত্মক প্রান্তে সংযুক্ত। এর ফলে নিঃসারকের ঋণাত্মক সম্মুখী বায়াস বৃদ্ধি পাওয়ায় নিঃসারক প্রবাহ বৃদ্ধি পাবে ফলে সংগ্রাহক প্রবাহও বৃদ্ধি পাবে। সংগ্রাহক প্রবাহ বৃদ্ধি পাওয়ায় লোড রোধ R_L-এ অধিক পরিমাণ বিভব পতন সৃষ্টি হয়, ফলে সংগ্রাহক পীঠ ভোল্টেজ V_{CB} হ্রাস পায়। যেহেতু সংগ্রাহক V_{CC} ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তে যুক্ত তাই সংগ্রাহক ভোল্টেজ হ্রাস পাওয়ার অর্থ হচ্ছে সংগ্রাহক কম ধনাত্মক হয় ফলে ঋণাত্মক বহির্গামী ভোল্টেজ পাওয়া যায়।
অর্থাৎ অন্তর্গামী ভোল্টেজ ধনাত্মক হলে বহির্গামী ভোল্টেজ ঋণাত্মক হবে একইভাবে দ্বিতীয় অর্ধচক্রে যখন অন্তর্গামী ভোল্টেজ ঋণাত্মক হয় তখন বহির্গামী ভোল্টেজ ধনাত্মক হবে। অর্থাৎ বহির্গামী ও অন্তর্গামী ভোল্টেজ সর্বদা বিপরীত দশায় থাকবে বা এদের মধ্যকার দশা পার্থক্য 180° হবে।

গ
ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ β হলে,

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99$$

এখানে
প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = 0.99$
লোড রোধ, $R_L = 1000\ \Omega$
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 300\ \Omega$

আমরা জানি,

ক্ষমতা লাভ, $A_P = \beta^2 \times \frac{R_L}{R_{in}} = (99)^2 \times \frac{1000}{300} = 32670$ **(Ans.)**

ঘ ধরি, বর্তনীর ইনপুট সিগন্যাল $V_{in} = 1V$
∴ ইনপুট কারেন্ট

$$I_B = \frac{V_{in}}{R_{in}} = \frac{1}{300} = 3.33 \times 10^{-3}\ A$$

এখানে,
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 300\Omega$
লোড রোধ, $R_L = 1000\Omega$

∴ ইনপুট বা অন্তঃগামী সিগন্যালের ক্ষমতা,

$$P_{in} = (I_B)^2 \times R_{in} = (3.33 \times 10^{-3})^2 \times 300 = 3.33 \times 10^{-3}\ W = 3.33\ mW$$

'গ' থেকে পাই, প্রবাহ লাভ, $\beta = 99$
সংগ্রাহক প্রবাহ I_C হলে,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \text{ বা, } I_C = \beta I_B = 99 \times 3.33 \times 10^{-3}\ A = 0.33\ A$$

∴ বহিঃগামী সিগন্যালের ক্ষমতা,

$$P_{out} = (I_C)^2 R_L = (0.33)^2 \times 1000 = 108.9W$$

দেখা যাচ্ছে, $P_{out} > P_{in}$ এবং $\frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{108.9\ W}{3.33 \times 10^{-3}\ W} = 32702.703$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনী থেকে বহির্গামী সিগন্যালের ক্ষমতা অন্তর্গামী সিগন্যালের ক্ষমতা থেকে 32702.703 গুণ বেশি পরিবর্ধিত হবে।

প্রশ্ন ▶ ৪ **দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪ ▮ প্রশ্ন নং ৭**

কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সংযোগ বর্তনীতে 0.85 V ও 1.10V বিভব প্রয়োগে ইমিটার প্রবাহ যথাক্রমে 10 mA ও 40mA পাওয়া যায়। প্রবাহ বিবর্ধন গুণক 0.98 এবং ভার রোধ 120Ω।

ক. এক কুরী কাকে বলে? ১
খ. সকল অপরিবাহী ডাইইলেকট্রিক নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক রূপে ক্রিয়া করবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রতি সেকেন্ডে 3.7×10^{10}টি তেজস্ক্রিয় ভাঙন বা ক্ষয়কে এক কুরী বলে।

খ যে সব পদার্থের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না তাদেরকে অপরিবাহী বলে। কিছু কিছু অপরিবাহী আছে যাদের মধ্যে পোলারাইজেশন ঘটে। এদেরকে ডাই-ইলেকট্রিক বলে। সকল ডাই-ইলেকট্রিক অপরিবাহী; কিন্তু সকল অপরিবাহী ডাই-ইলেকট্রিক নয়।

গ দেওয়া আছে,
CE ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণাঙ্ক, $\alpha = 0.98$
আমরা জানি,
প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.98}{1-0.98} = 49$ (Ans.)

ঘ আমরা জানি,

$\alpha = \frac{I_{C_1}}{I_{E_1}}$

বা, $\alpha = \frac{I_{E_1} - I_{B_1}}{I_{E_1}}$

বা, $0.98 = \frac{0.01 - I_{B_1}}{0.01}$

$\therefore I_{B_1} = 0.0002\ A$

এখানে,
প্রবাহ বিবর্ধন গুনক, $\alpha = 0.98$
ইমিটার প্রবাহ, $I_{E_1} = 10mA = 0.01A$
ইমিটার প্রবাহ, $I_{E_2} = 40mA = 0.04A$
কালেক্টর প্রবাহ $= I_C$
বেস প্রবাহ, $I_{B_1} = ?$
বেস প্রবাহ, $I_{B_2} = ?$

আবার, $\alpha = \frac{I_{E_2} - I_{B_2}}{I_{E_2}}$ বা, $0.98 = \frac{0.04 - I_{B_2}}{0.04}$

$\therefore I_{B_2} = 0.0008A$

এখন, ট্রানজিস্টরের গতীয় রোধ R_P হলে,

$R_P = \frac{\Delta V}{\Delta I_B}$

$= \frac{0.25}{0.0006} = 416.67\ \Omega$

ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন;

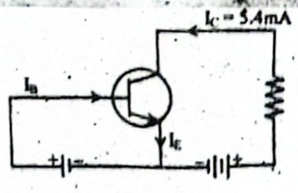
$A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_P}$

$= \frac{120}{49 \times 416.67} = 14.11$

এখানে,
বিভবের পরিবর্তন
$\Delta V = (1.1 - 0.85) = 0.25V$
বেস প্রবাহের পরিবর্তন,
$\Delta I_B = (0.0008 - 0.0002)A = 0.0006\ A$
ভাররোধ, $R_1 = 120\Omega$
ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ,
$\beta = 49$ ('গ' হতে প্রাপ্ত)

যেহেতু, $A_V > 1$, তাই বলা যায়, উদ্দীপকের ট্রানজিস্টারটি বিবর্ধক রূপে ক্রিয়া করবে।

প্রশ্ন ▶ ৫ **কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪ ▮ প্রশ্ন নং ৮**



উদ্দীপকের একটি কমন এমিটার ট্রানজিস্টর বর্তনী দেখানো হলো। বর্তনীটির গতীয় রোধ ও ভার রোধ যথাক্রমে 55Ω ও 4.5Ω। কারেন্ট গেইন 80 এবং কালেক্টর কারেন্ট 5.4 mA।

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১
খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বর্তনীর নিঃসারক প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে 100% ভোল্টেজ গেইন পাওয়া সম্ভব কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেকট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

গ

বর্তনীর বেস কারেন্ট I_B হলে,

প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

বা, $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5.4\ mA}{80}$

$\therefore I_B = 0.0675mA$

আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C = 0.0675\ mA + 5.4\ mA$
$= 5.4675mA$ (Ans.)

এখানে,
কারেন্ট গেইন, $\beta = 80$
কালেক্টর কারেন্ট,
$I_c = 5.4\ mA$
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = ?$

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীতে ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন,

$A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_P}$

$= 80 \times \frac{4.5}{55}$

$= 6.545$

এখানে,
কারেন্ট গেইন, $\beta = 80$
ভার রোধ, $R_L = 4.5\ \Omega$
গতীয় রোধ, $R_P = 55\ \Omega$

দেখা যাচ্ছে, $A_V > 1$ বা, $A_V > 100\%$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনী থেকে 100% ভোল্টেজ গেইন পাওয়া সম্ভব না। 100% এর বেশি ভোল্টেজ গেইন পাওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▶ ৬ **চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪ ▮ প্রশ্ন নং ৮**

সাধারণ এমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিট এর ইনপুট ভোল্টেজ 1.1 V থেকে বৃদ্ধি করে 1.6V করা হয়। এতে পীঠ প্রবাহ ৪ mA থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 28 mA হয়। ফলে আউটপুট লোড রেজিস্টান্স 150 Ω এর জন্য কারেন্ট গেইন 75 পাওয়া যায়।

ক. অর্ধপরিবাহী কাকে বলে? ১
খ. দুটি পৃথক p-n জাংশন ডায়োডকে জোড়া লাগিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা যায় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. এমিটার প্রবাহের পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টর থেকে ক্ষমতা লাভ 35,000 পাওয়া সম্ভব কি-না? গাণিতকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল পদার্থের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা অন্তরকের চেয়ে বেশি কিন্তু পরিবাহক হতে কম এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে পরিবহন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় বা রোধ কমে যায় তাদেরকে অর্ধপরিবাহী পদাথ বলে।

খ ২(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ কালেক্টর প্রবাহের পরিবর্তন ΔI_C হলে,

$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

বা, $\Delta I_C = \beta \times \Delta I_B = 75 \times 0.02 = 1.5A$

∴ এমিটার প্রবাহের পরিবর্তন,

$\Delta I_E = \Delta I_c + \Delta I_B = 1.5A + 0.02A$

$= 1.52A$ **(Ans.)**

এখানে,
পীঠ প্রবাহের পরিবর্তন,
$\Delta I_B = 28mA - 8mA$
$= 20mA$
$= 0.02\ A$
কারেন্ট গেইন, $\beta = 75$

ঘ ট্রানজিস্টরের ইনপুট রোধ R_{in} হলে,

$R_{in} = \frac{\Delta V_{in}}{\Delta I_B} = \frac{0.5V}{0.02A} = 25\Omega$

আমরা জানি,

ক্ষমতা লাভ,

$A_P = \beta^2 \times \frac{R_L}{R_{in}} = (75)^2 \times \frac{150}{25}$

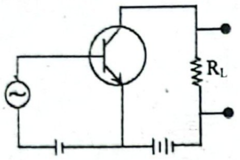
$= (75)^2 \times 6$

$= 33750$

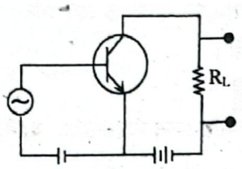
এখানে,
ইনপুট ভোল্টেজের পরিবর্তন,
$\Delta V_{in} = 1.6V - 1.1V = 0.5V$
পীঠ প্রবাহের পরিবর্তন,
$\Delta I_B = 28mA - 8mA$
$= 20mA = 0.02A$
লোড রেজিস্ট্যান্স, $R_L = 150\,\Omega$
কারেন্ট গেইন, $\beta = 75$

দেখা যাচ্ছে, $A_p < 35,000$। সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের ট্রানজিস্টর থেকে ক্ষমতা লাভ 35,000 পাওয়া সম্ভব না।

প্রশ্ন ▸ ৭ সিলেট বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৭



চিত্র-১



চিত্র-২

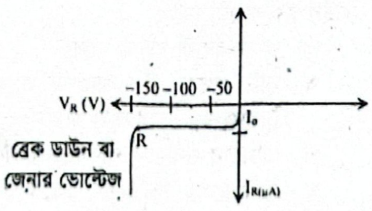
চিত্র-১ এ নিঃসারক প্রবাহ 1.45 mA এবং সংগ্রাহক প্রবাহ 1.08 mA ২নং চিত্রে ভূমি প্রবাহ 0.11 mA এবং $\beta = 10$.

ক: ডোপিং কী? ১
খ. ডায়োডের ক্ষেত্রে বিপরীত ঝোঁকের লেখচিত্র ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ১নং চিত্রের উপাত্ত থেকে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (α) নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বিবর্ধক হিসেবে বর্তনী দুটির কার্যকারিতার তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ করে স্বপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ ডায়োডের বিপরীত ঝোঁকের ক্ষেত্রে সংযোগ দেওয়ার পর জাংশনের ডিপ্লেশন লেয়ার বহুগুণে বৃদ্ধি পায়। ফলে সঙ্গত কারণে কোন তড়িৎ প্রবাহ পাওয়ার কথা না। কিন্তু p-টাইপ এর লঘিষ্ঠ আধান বাহক ইলেকট্রন এবং n-টাইপ এর লঘিষ্ঠ আধান বাহক হোল এর জন্য খুবই সামান্য (μA পর্যায়ের) তড়িৎ প্রবাহ দেখা যায়। বিমুখী ভোল্টেজ V_R বাড়ালেও কারেন্ট I_o স্থির থাকে। এই I_o কে বিমুখী সম্পৃক্ত প্রবাহ বলে। বিপরীত বায়াস ভোল্টেজ V_R বৃদ্ধি করে একটি ক্রান্তি মানে পৌঁছলে দেখা যায় যে, বিমুখী কারেন্ট হঠাৎ করে অনেকগুণ বেড়ে যায়। এই সময় p-n জাংশনের ডিপ্লেশন লেয়ার একেবারে বিলুপ্ত হয়ে যায়। এই উচ্চ ভোল্টেজকে ব্রেকডাউন বা জেনার ভোল্টেজ বলে।



গ আমরা জানি,

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

$= \frac{1.08}{1.45}$

$= 0.7448$ **(Ans.)**

এখানে,
চিত্র-১ থেকে নিঃসারক প্রবাহ,
$I_E = 1.45$ mA
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 1.08$mA

ঘ আমরা জানি, ভোল্টেজ লাভ, $A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_{in}}$ বা, $A_V \propto \beta$ [যদি R_L ও R_{in} ধ্রুবক থাকে]। অর্থাৎ যে ট্রানজিস্টরের β এর মান যত বেশি, ঐ ট্রানজিস্টর বিবর্ধক হিসেবে তত বেশি কার্যকর।

'গ' থেকে পাই, চিত্র-১ এর ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক $\alpha = 0.7448$

এর প্রবাহ লাভ β_1 হলে,

$\beta_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.7448}{1-0.7448} = 2.92$

দেওয়া আছে, ২নং চিত্রের ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ, $\beta_2 = 10$

দেখা যাচ্ছে, $\beta_2 > \beta_1$

সুতরাং বলা যায়, বিবর্ধক হিসেবে বর্তনী দুটির মধ্যে ২নং চিত্রের ট্রানজিস্টরটি অধিক কার্যকর।

প্রশ্ন ▸ ৮ যশোর বোর্ড ২০২৪ ▌প্রশ্ন নং ৭

একটি ট্রানজিস্টরের সাধারণ পীঠ সংযোগ থাকা অবস্থায় পীঠ প্রবাহ ও নিঃসারক প্রবাহের মান যথাক্রমে 0.04 mA ও 0.7 mA পাওয়া যায়।

ক. তাপগতিবিদ্যার ১ম সূত্রটি লেখ। ১
খ. ডোপিং কেন করা হয়? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক অনুযায়ী ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধক গুণকের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ β এর মানের পরিবর্তন কীরূপ হবে যদি পীঠ প্রবাহের মান দ্বিগুণ করা হয়? গাণিতিক বিশ্লেষণসহকারে উত্তর দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি হলো: যদি তাপকে সম্পূর্ণরূপে কাজে বা কাজকে সম্পূর্ণরূপে তাপে রূপান্তরিত করা যায়, তবে কাজ তাপের সমানুপাতিক।

খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ডোপিং করা হয় তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় চার্জবাহক (মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল) থাকে না বললেই চলে। এতে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশালে যথাক্রমে বহুসংখ্যক হোল বা মুক্ত ইলেকট্রন সৃষ্টি হয়। তখন অর্ধপরিবাহী পদার্থের দুপ্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে খুব সহজেই তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।

গ ট্রানজিস্টরের সংগ্রাহক প্রবাহ I_C হলে,

আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C$

বা, $I_C = I_E - I_B$

$= (0.7 - 0.04)$ mA

$= 0.66$ mA

এখানে,
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0.04$ mA
নিঃসরাক প্রবাহ, $I_E = 0.7$mA

ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.66}{0.7} = 0.943$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' থেকে পাই, ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক $\alpha = 0.943$

প্রবাহ লাভ β_1 হলে,

আমরা জানি, $\beta_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.943}{1-0.943} = 16.5$

সংগ্রাহক প্রবাহ I_C' হলে

আমরা জানি,

$I_E = I_B' + I_C'$

বা, $I_C' = I_E - I_B'$

$= (0.7 - 0.08)$ mA

$= 0.62$ mA

এখানে,
পূর্বের পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0.04$ mA
পীঠ প্রবাহ দ্বিগুণ করলে নতুন পীঠ প্রবাহ,
$I_B' = 2\,I_B = 2 \times 0.04$ mA $= 0.08$ mA
নিঃসারক প্রবাহ, $I_B = 0.7$mA

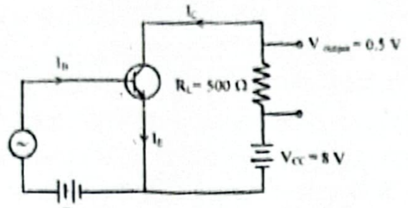
∴ প্রবাহ লাভ, $\beta_2 = \frac{I_C'}{I_B'} = \frac{0.62}{0.08} = 7.75$

দেখা যাচ্ছে, $\beta_2 < \beta_1$ এবং $\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2 = 16.5 - 7.75 = 8.75$

সুতরাং বলা যায়, পীঠ প্রবাহ দ্বিগুণ করলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ β এর মান 8.75 হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৯ **বরিশাল বোর্ড ২০২৪ I প্রশ্ন নং ৭**

উদ্দীপকটি লক্ষ করো:



ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধক গুণক 0.96 এবং অন্তরোধ 100Ω।

ক. লিকেজ প্রবাহ কাকে বলে? ১

খ. কোনো গোলীয় পরিবাহীর ধারকত্ব কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. I_C এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে ভোল্টেজ গেইন 100 অপেক্ষা বেশি— যাচাই করো। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ডায়োডের বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে গরিষ্ঠ আধান বাহক কোনো তড়িৎ প্রবাহ তৈরি করতে পারে না কিন্তু p-টাইপের লঘিষ্ঠ আধান বাহক ইলেকট্রন এবং n-টাইপের লঘিষ্ঠ আধান বাহক হোল বিমুখী ঝোঁকেও কিছু তড়িৎ প্রবাহ তৈরী করে। এই প্রবাহকেই লিকেজ প্রবাহ বলে।

খ কোনো গোলীয় পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\in r$। এখানে r হলো গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ। 4, π ও নির্দিষ্ট মাধ্যমে ∈ এগুলো ধ্রুব সংখ্যা। অর্থাৎ, $C \propto r$, বা, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই চার্জ ধারণক্ষমতা ও বৃদ্ধি পায়, তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ সংগ্রাহক প্রবাহ I_C হলে,

আমরা জানি,

$V_{out} = I_C R_L$

বা, $I_C = \frac{V_{out}}{R_L} = \frac{0.5}{500} = 1 \times 10^{-3}$ A

$= 1$ mA (Ans.)

এখানে,

আউটপুট ভোল্টেজ,

$V_{out} = 0.5$V

লোডরোধ, $R_L = 500\Omega$

ঘ

ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ β হলে,

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.96}{1-0.96} = 24$$

ট্রানজিস্টরটির ভোল্টেজ গেইন,

এখানে,

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = 0.96$

অন্তরোধ, $R_{in} = 100\ \Omega$

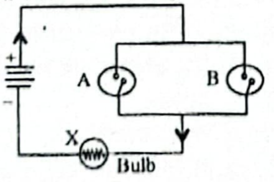
লোডরোধ, $R_L = 500\ \Omega$

$$A_v = \beta \times \frac{R_L}{R_{in}} = 24 \times \frac{500}{100} = 120$$

দেখা যাচ্ছে, $A_V > 100$। সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকে ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন 100 অপেক্ষা বেশি উক্তিটি সঠিক।

প্রশ্ন ▶ ১০ **ঢাকা বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৮**

নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ করো:



চী-১

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

সত্যক সরণি

ক. নিঃশেষিত স্তর কাকে বলে? ১

খ. p-n-p ট্রানজিস্টর অপেক্ষা n-p-n ট্রানজিস্টর অধিক কার্যকর কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ১নং বর্তনীর সত্যক সারণি লেখ। ৩

ঘ. উদ্দীপকের সত্যক সারণির লজিক গেইটের সাথে একটি NOT গেইট যুক্ত করলে কোনো লজিক গেইট তৈরি হবে কিনা তা চিত্র ও সত্যক সারণির সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ৪

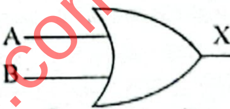
১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p ও n অঞ্চলের সংযোগস্থলের কাছাকাছি অংশে ইলেকট্রনের আদান প্রদান বেশি হয় ফলে এ অংশ চার্জগ্রস্ত হয় কিন্তু এ অংশে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল থাকে না। মুক্ত ইলেকট্রন ও হোলহীন এ অঞ্চলকে নিঃশেষিত স্তর বলে।

খ n-p-n ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ ইলেকট্রনের প্রবাহের জন্য হয় এবং p-n-p ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ হোল-এর প্রবাহের জন্য হয় কিন্তু বহিঃবর্তনীর সংযোগ তারের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ ইলেকট্রনের জন্যই হয়ে থাকে। অর্থাৎ n-p-n ও p-n-p ট্রানজিস্টরের কার্যনীতি একই রকম হলেও n-p-n ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক প্রধানত ইলেকট্রন এবং p-n-p ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক প্রধানত হোল।

আমরা জানি যে, ইলেকট্রন অধিক দ্রুত তড়িৎবাহক। তাই উচ্চ কম্পাঙ্ক বর্তনী বা কম্পিউটার বর্তনীতে p-n-p এর তুলনায় n-p-n ব্যবহার করলে তা বেশী কার্যকর হয় এবং বর্তনী সিগনালের প্রতি দ্রুত সাড়া দেয়।

গ উদ্দীপকের ১ নং বর্তনীর যেকোনো একটি সুইচ (A অথবা B) অন করলেই বা দুটি সুইচ একসঙ্গে অন করলে বাল্ব জ্বলে অর্থাৎ আউটপুট পাওয়া যায়। এজন্য ১ নং বর্তনীটি OR গেটের ইলেকট্রনিক বর্তনী নির্দেশ করে। OR গেট এর 2টি ইনপুট A ও B এবং আউটপুট X হলে, $X = A + B$



চিত্র : OR গেটের প্রতীক

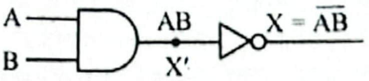
নিম্নে ১ নং বর্তনীর OR গেট-এর সত্যক সারণি দেয়া হলো:

ইনপুট		আউটপুট
A	B	$X = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

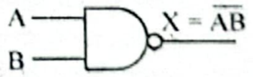
ঘ উদ্দীপকের সত্যক সারণি থেকে দেখা যায়, যখন A ও B উভয় ইনপুট 1, তখনই আউপুট Y = 1 হয়। A ও B ইনপুটের যেকোনো 1টি বা উভয়ই 0 হলে, আউটপুট Y = 0 হয়। তাই এটি AND গেইটের সত্যক সারণি নির্দেশ করে।

এখন, উদ্দীপকের সত্যক সারণির AND গেইটের সাথে একটি NOT গেইট যুক্ত করলে নতুন লজিক গেইট তৈরি হবে যার নাম NAND গেইট।

AND গেইটের আউটপুটের সাথে NOT গেইটের ইনপুট যুক্ত করে NAND গেইট তৈরি করা হয়।



চিত্র : NAND গেইটের সমতুল্য সার্কিট



চিত্র : NAND গেইটের প্রতীক

AND ও NOT গেইটের সত্যক সারণি একত্র করে NAND গেইটের সত্যক সারণি পাওয়া যায়।

A	B	AB	$X = \overline{AB}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

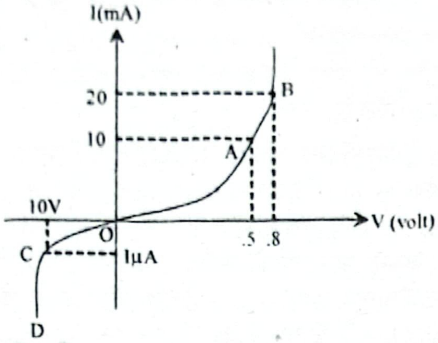
চিত্র : NAND গেইটের সত্যক সারণি

সত্যক সারণি থেকে দেখা যায়, AND গেইটের আউটপুটকে ইনভারশন করলে যা হয় NAND গেইটের আউটপুট তাই।

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের সত্যক সারণির AND গেইটের সাথে একটি NOT গেইট যুক্ত করে NAND লজিক গেইট তৈরি হবে।

প্রশ্ন ▸ ১১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৮

চিত্রে p-n জাংশনের I – V লেখচিত্র দেখানো হয়েছে:



ক. ডোপিং কী? ১

খ. তাপমাত্রার সাথে অর্ধপরিবাহীর রোধের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। ২

গ. AB অংশের গতীয় রোধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেখচিত্রের OAB ও OCD অংশে বিভব পার্থক্যের সাথে তড়িৎ প্রবাহের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই হলো ডোপিং।

খ পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থের মাঝামাঝি এক ধরনের পদার্থ আছে যার তড়িৎ পরিবাহিতা পরিবাহীর চেয়ে কম, কিন্তু অন্তরকের চেয়ে অনেক বেশি, তাদের অর্ধপরিবাহী বলে। আমরা জানি, তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়। কারণ পরিবাহীর রোধের উষ্ণতা সহগ ধনাত্মক। সাধারণ তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরক বা অপরিবাহী হিসেবে কাজ করে। কারণ এতে মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না। কিন্তু অর্ধপরিবাহী পদার্থকে উত্তপ্ত করলে সমযোজী বন্ধন ভেঙে যায়, মুক্ত ইলেকট্রন উৎপন্ন হয়। ফলে পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়। আবার, তাপমাত্রা হ্রাস করলে অর্ধপরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, A বিন্দুতে V = 0.5 V, I = 10 mA

B বিন্দুতে V = 0.8 V, I = 20 mA

আমরা জানি,

গতীয় রোধ, $R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$

$= \frac{0.3}{0.01}$

$= 30\ \Omega$ **(Ans.)**

এখানে,

AB অংশে বিভবের পরিবর্তন,

$\Delta V = (0.8 - 0.5V)\ V$

$= 0.3V$

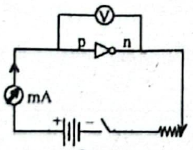
AB অংশে কারেন্টের পরিবর্তন,

$\Delta I = (20 - 10)$ mA

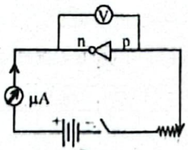
$= 10$ mA $= 0.01$ A

গতীয় রোধ, R = ?

ঘ লেখচিত্রের AB অংশ দিয়ে p-n জাংশনের সম্মুখী ঝোঁক এবং ACD অংশ দ্বারা p-n জাংশনের বিমুখী ঝোঁকের I-V বৈশিষ্ট্য দেখানো হয়েছে। এ সকল অংশে বিভব পার্থক্যের সাথে তড়িৎ প্রবাহের ভিন্নতার কারণ নিম্নরূপ–



চিত্র (ক)
p - n জাংশন সম্মুখী ঝোঁক



চিত্র (খ)
p - n জাংশন বিমুখী ঝোঁক

আমরা জানি, p-n জাংশনে ভোল্টেজ যদি এমনভাবে প্রয়োগ করা হয় যে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপ বস্তুর সাথে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত হয়, তাহলে তাকে সম্মুখী ঝোঁক বলে। আর ভোল্টেজে যদি বিপরীত অভিমুখে প্রয়োগ করা হয় তাহলে তাকে বিমুখী ঝোঁক বলে।

AB অংশ বা সম্মুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে:

i. সম্মুখবর্তী ভোল্টেজ V_F বৃদ্ধির সাথে সাথে কারেন্ট বৃদ্ধি পায় না। Ge ডায়োডের জন্য 0.3V এবং Si ডায়োডের জন্য 0.7 V পর্যন্ত সম্মুখ কারেন্ট I_F শূন্য থাকে। এই মানকে ডায়োডের কাট ইন ভোল্টেজ বলে। এরপর ভোল্টেজ আরও বৃদ্ধি করলে কারেন্ট সূচকীয়ভাবে বাড়ে এবং পরে কিছু সময়ের জন্য সমানুপাতে বাড়ে।

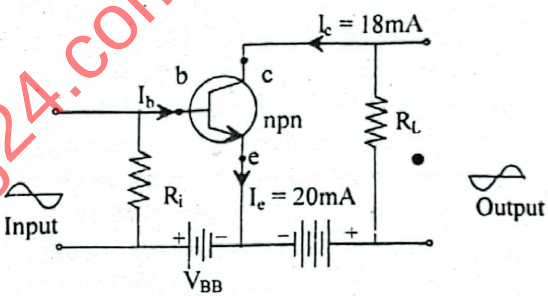
ii. $V_F > V_{cutin}$ হলে I_F দ্রুত বৃদ্ধি পায়, তাই I_F খাড়াভাবে উপরে উঠে। চিত্রে B বিন্দু ইহা নির্দেশ করে।

ACD অংশ বা বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে:

i. বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে সংযোগ দেওয়ার পর জাংশনের বিভব প্রাচীর বহুলাংশে বৃদ্ধি পায় ফলে কোনো তড়িৎপ্রবাহ হওয়ার কথা নয়। কিন্তু p টাইপ এর লঘিষ্ঠ আধান বাহক ইলেকট্রন এবং n টাইপ এর লঘিষ্ঠ আধান বাহক হোল এর জন্য খুবই সামান্য (μA পর্যায়ের) তড়িৎ প্রবাহ দেখা যায়। ভোল্টেজ বাড়ালেও এই প্রবাহের মান প্রায় একই থাকে একে বিপরীত সম্পৃক্ত প্রবাহ বা লিকেজ প্রবাহ বলে।

ii. বিপরীত বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে একটা ক্রান্তি মানে পৌঁছালে দেখা যায় যে, বিপরীত কারেন্ট হঠাৎ করে অনেকগুণ বেড়ে যায়। এই সময় p-n জংশনের রোধ সম্পূর্ণরূপে ভেঙে যায়। এই ভোল্টেজকে Breakdown Voltage বা জেনার ভোল্টেজ বলে। চিত্রে C বিন্দু ইহা নির্দেশ করে। এই সময় ডায়োড পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে। একে জেনার ক্রিয়া বলে।

প্রশ্ন ▸ ১২ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৮



ক. ডিপ্লেশন লেয়ার কী? ১

খ. বিপরীত ঝোঁকে ডায়োডে তড়িৎপ্রবাহ হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীতে প্রবাহ লাভ কত হবে? নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটি সুইচ হিসাবেও কাজ করানো সম্ভব– বিশ্লেষণ করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জাংশনের যে অঞ্চলে মুক্ত ইলেকট্রন ও হোল থাকে না সে অঞ্চলকে ডিপ্লেশন লেয়ার বলে।

খ p-n জাংশনে ভোল্টেজ যদি এমনভাবে প্রয়োগ করা হয় যেখানে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত n-টাইপ এবং ঋণাত্মক প্রান্ত p-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত করা হয়, তাকে বিমুখী ঝোঁক বলে। বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে n-টাইপ বস্তুর মুক্ত ইলেকট্রন কোষের ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণের ফলে n-টাইপ বস্তুতেই থেকে যাবে। pn জাংশন পার হয়ে কিছুতেই p-টাইপ বস্তুতে যেতে পারবে না। p-টাইপ বস্তুর হোলও p-টাইপ বস্তুতেই থেকে যাবে। ফলে ডিপ্লেশন লেয়ার এর প্রশস্ততা বৃদ্ধি পায় এবং জাংশন দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ হয় না। সুতরাং, প্রশস্ত বিভব প্রাচীর বা ডিপ্লেশন লেয়ার এর জন্য বিপরীত ঝোঁকে ডায়োডে তড়িৎ প্রবাহ হয় না।

গ বর্তনীর পাঠ প্রবাহ I_b হলে,

$I_e = I_b + I_c$

বা, $I_b = I_e - I_c$

$= (20 - 18)$ mA $= 2$ mA

এখানে,

সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_c = 18$ mA

নিঃসারক প্রবাহ, $I_e = 20$ mA

প্রবাহ লাভ, β = ?

∴ বর্তনীতে প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_c}{I_b} = \frac{18}{2} = 9$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপকের ট্রানজিস্টর এর অন্তর্গামী ভোল্টেজ বেস ভোল্টেজ আর ইমিটার ভোল্টেজের মান শূন্য। তাই V_{BE} বা বেস ইমিটার বিভব পার্থক্য অন্তর্গামী ভোল্টেজের সমান।

বেস বা পীঠ বিভব পরিবর্তন করে একটি ট্রানজিস্টরকে সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায়। নিম্নে ব্যাখ্যা করা হলো–

পীঠ বিভব শূন্য বা ন্যূনতম একটি মানের কম হলে সংগ্রাহক ও নিঃসারকের মধ্যে কোনো তড়িৎ প্রবাহ চলে না। একটি সিলিকন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে এ ন্যূনতম মান হচ্ছে 0.7 V। একে ট্রানজিস্টরের "কাট অফ" অবস্থা বলে। এ অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহিত হয় না।

আবার, পীঠ বিভবের মান একটি নির্দিষ্ট মান অপেক্ষা বড় হলে নিঃসারক ও সংগ্রাহকের মধ্যে কোনো রোধ থাকে না বললেই চলে, ফলে তড়িৎ প্রবাহ চলে। একে বর্তনীর "সম্পৃক্ত অবস্থা" বলে। সিলিকন ট্রানজিস্টরের পীঠ বিভব 1.4 V এর বেশি হলে ট্রানজিস্টরটি সম্পৃক্ত অবস্থা প্রাপ্ত হয়। ফলে এটি অন অবস্থায় থাকে।

এভাবে অন্তর্গামী ভোল্টেজের পরিবর্তন করে ট্রানজিস্টরটিকে সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

প্রশ্ন ▸ ১৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩ ❚ প্রশ্ন নং ৭

একটি (p-n-p) ট্রানজিস্টরে 10^{-8} sec সময়ে 100 টি হোল এমিটার অঞ্চল হতে নির্গত হয় যার মধ্যে 97% পীঠ অঞ্চল অতিক্রম করে সংগ্রাহক অঞ্চলে পৌঁছে।

ক. অক্টাল নম্বর পদ্ধতি কাকে বলে? ১

খ. সিলিকন অপেক্ষা জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে যোজন ইলেকট্রন সহজে পরিবহন ব্যান্ডে যাবে —ব্যাখ্যা করো। ২

গ. এমিটার প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ এর সত্যতা যাচাই করো। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সংখ্যা পদ্ধতির ভিত্তি বা বেস হলো 8 এবং 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 এই আটটি অঙ্ক ব্যবহার করা হয়, তাকে অক্টাল নম্বর পদ্ধতি বলে।

খ যে পদার্থে যোজন ব্যান্ড প্রায় পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ড প্রায় খালি থাকে এবং এই দুটি ব্যান্ডের মধ্যে শক্তির পার্থক্য খুব কম (অনধিক 1.1 eV) থাকে, ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে তাকে সেমিকন্ডাক্টর বলে। সিলিকন, জার্মেনিয়াম এরা সেমিকন্ডাক্টরের উদাহরণ।

সেমিকন্ডাক্টরে পরিবহন ব্যান্ড ও যোজন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান বা নিষিদ্ধ ব্যান্ড খুব কম থাকে। কক্ষ তাপমাত্রায় জার্মেনিয়ামের জন্য এটি 0.7 eV এবং সিলিকনের জন্য 1.1eV। যেহেতু জার্মেনিয়ামের নিষিদ্ধ ব্যান্ড সিলিকনের চেয়ে ছোট, তাই তুলনামূলক কম শক্তি প্রয়োগেই সিলিকন অপেক্ষা জার্মেনিয়ামের যোজন ইলেকট্রন সহজে পরিবহন ব্যান্ডে যাবে।

গ p-n-p ট্রানজিস্টরে হোলের জন্য এমিটার

প্রবাহ, $I_E = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$

$= \frac{100 \times 1.6 \times 10^{-19}}{10^{-8}}$

$= 1.6 \times 10^{-9}$A **(Ans.)**

এখানে,
হোল সংখ্যা, $n = 100$
হোলের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$C
সময়, $t = 10^{-8}$s

ঘ 'গ' থেকে পাই, এমিটার প্রবাহ, $I_E = 1.6 \times 10^{-9}$A

যেহেতু, এমিটার অঞ্চল থেকে নির্গত হোলের মধ্যে 97% পীঠ অঞ্চল অতিক্রম করে সংগ্রাহক অঞ্চলে পৌঁছায়, তাই সংগ্রাহক প্রবাহ,

$I_C = I_E$ এর 97%

$= 0.97\ I_E = 0.97 \times 1.6 \times 10^{-9}\ A = 1.552 \times 10^{-9}\ A$

পীঠ প্রবাহ I_B হলে,

$I_E = I_C + I_B$

বা, $I_B = I_E - I_C = 1.6 \times 10^{-9} - 1.552 \times 10^{-9}$

$\therefore I_B = 4.8 \times 10^{-11}$A

এখন, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{1.552 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-9}} = 0.97$

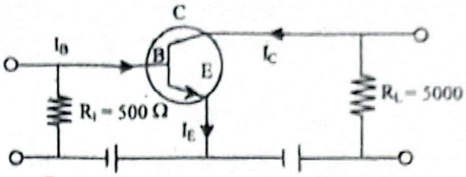
প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1.552 \times 10^{-9}}{4.8 \times 10^{-11}} = 32.333$

এখন $\frac{\beta}{1+\beta} = \frac{32.333}{1 + 32.333} = 0.97$

$\therefore$ দেখা যাচ্ছে, $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$

সুতরাং, উদ্দীপকের আলোকে $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ সমীকরণটি সত্য।

প্রশ্ন ▸ ১৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩ ❚ প্রশ্ন নং ৭



বর্তনীর ট্রানজিস্টরের $\alpha = 0.98$ এবং $I_E = 1.5$ mA।

ক. সম্মুখী ঝোঁক কাকে বলে? ১

খ. ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে অন্তরক পদার্থের পরিবাহিতা ব্যাখ্যা করো। ২

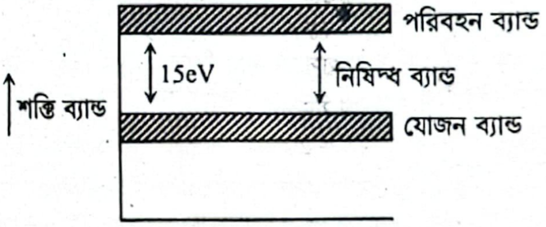
গ. উদ্দীপকে I_B নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটিকে ভোল্টেজ বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যায় কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ উৎসের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জাংশনের p ও n অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে জংশনের বিভব প্রাচীর হ্রাস পায় এবং প্রবাহ সহজ হয় বলে এ ধরনের সংযোগকে সম্মুখী ঝোঁক বলে।

খ যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলতে পারে না, তাদের অন্তরক বলে। যেমন: কাচ, কাঠ ইত্যাদি। অপরিবাহী বা অন্তরকে যোজন ব্যান্ড ইলেকট্রন দ্বারা আংশিক পূর্ণ থাকে এবং পরিবহন ব্যান্ড ফাঁকা থাকে। এছাড়া যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান বা নিষিদ্ধ ব্যান্ড অনেক বেশি, 6 eV থেকে 15 eV এর মতো। ফলে সাধারণ তাপমাত্রায় অন্তরকের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলেও এ থেকে ইলেকট্রনগুলো পরিবহন ব্যান্ডে যাওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি সরবরাহ করতে পারে না। এ জন্য সাধারণ তাপমাত্রায় অপরিবাহীর ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলে না।



অন্তরক

গ বর্তনীর সংগ্রাহক প্রবাহ I_C হলে,

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $I_C = \alpha I_E = (0.98 \times 1.5)$ mA

$\therefore I_C = 1.47$ mA

এখানে,
$\alpha = 0.98$
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 1.5$ mA

আবার, বেস প্রবাহ I_B হলে,

$I_E = I_B + I_C$

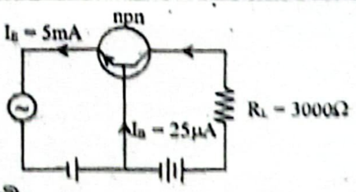
বা, $I_B = I_E - I_C = (1.5 - 1.47)$ mA

$\therefore I_B = 0.03$ mA **(Ans.)**

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: যেহেতু, ভোল্টেজ গেইন, $A_v = 490 > 1$ তাই বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনীটিকে ভোল্টেজ বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

প্রশ্ন ▸ ১৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩ ❚ প্রশ্ন নং ৮



ক. ডোপিং কী? ১

খ. n-টাইপ অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ কি-না? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের বিন্যাসে প্রবাহ বিবর্ধন কত হবে? ৩

ঘ. নিঃসারক বাহুর মধ্য দিয়ে কী পরিমান তড়িৎ প্রবাহ পাঠালে বহির্গামীতে 5 watt ক্ষমতা পাওয়া যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ n-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে দাতা পরমাণুর বহিঃস্তরে 5টি ইলেকট্রন থাকে। ফলে এটি তার চারপাশে অর্ধপরিবাহীর পরমাণুর সাথে চারটি সমযোজী বন্ধন গঠন করার পর 1টি ইলেকট্রন মুক্ত অবস্থায় থাকে যা উক্ত অর্ধপরিবাহীর কেলাসে মুক্তভাবে চলাচল করে ও পরিবাহীতা বাড়ায়। কিন্তু উক্ত কেলাসে মোট ইলেকট্রন ও মোট প্রোটন সংখ্যা সমান থাকে, যার কারণে কোনো নেট চার্জ কেলাসে প্রকাশ পায় না। এ কারণে n-টাইপ অর্ধপরিবাহী প্রকৃতপক্ষে তড়িৎ নিরপেক্ষ।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.995।

ঘ 'গ' থেকে পাই, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = 0.995$

সংগ্রাহক প্রবাহ I_C হলে,

বহির্গামীর ক্ষমতা, $P_{out} = I_C{}^2R_L$

বা, $I_C{}^2 = \frac{P_{out}}{R_L}$

বা, $I_C = \sqrt{\frac{P_{out}}{R_L}} = \sqrt{\frac{5}{3000}}$

$\therefore I_C = 0.0408A$

এখানে,

লোড রোধ, $R_L = 3000\Omega$

ক্ষমতা, $P_{out} = 5W$

এখন, নিঃসারক প্রবাহ I_E হলে,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $I_E = \frac{I_C}{\alpha} = \frac{0.0408}{0.995} = 0.04103A = 41.03mA$

সুতরাং বলা যায়, নিঃসারক বাহুর মধ্য দিয়ে 41.03 mA তড়িৎ প্রবাহ পাঠালে বহির্গামীতে 5 watt ক্ষমতা পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ▸ ১৬ সিলেট বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৮

একটি n-p-n ট্রানজিস্টরের সাধারণ নিঃসারক সংযোগ বর্তনীতে সংগ্রাহকে প্রযুক্ত বায়াসিং ভোল্টেজ $V_{CC} = 12$ V ইনপুট রোধ $R_{in} = 200\ \Omega$। সংগ্রাহক বর্তনীতে লোড রোধ $R_L = 1\ k\ \Omega$ এর মধ্য দিয়ে $I_C = 1$ mA তড়িৎ প্রবাহিত হয়। প্রবাহ বিবর্ধন গুণক $\alpha = 0.98$।

ক. কঠিন পদার্থের শক্তি ব্যান্ড কী? ১

খ. p-n জাংশন ডায়োডের ক্ষেত্রে "বিপরীত সম্পৃক্ত কারেন্ট"— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ট্রানজিস্টরটির সংগ্রাহক নিঃসরক ভোল্টেজ (V_{CE}) নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ট্রানজিস্টরটি ভোল্টেজ বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

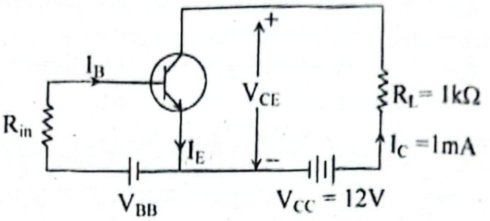
১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কঠিন পদার্থের বিভিন্ন পরমাণুতে কিন্তু একই কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির সামান্য তারতম্য থাকে। একই কক্ষপথে অবস্থিত এই সকল ইলেকট্রনের শক্তির সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ মানের মধ্যবর্তী পাল্লাই কঠিন পদার্থের শক্তি ব্যান্ড।

খ p-n জাংশন ডায়োডের ক্ষেত্রে যদি কোষের ধনাত্মক প্রান্ত n-টাইপ এবং ঋণাত্মক প্রান্ত p-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত করা হয়, তাহলে তাকে বিমুখী ঝোঁক বলে।

বিমুখী ঝোঁকে কোষ বা ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত n টাইপের এবং ঋণাত্মক প্রান্ত p-টাইপের হোলকে আকর্ষণের জন্য জংশন থেকে দূরে সরিয়ে নেয়। ফলে ডিপ্লেশন স্তরের প্রশস্ততা বৃদ্ধি পায়। যেহেতু বিমুখী ঝোঁক প্রয়োগ করলে ডিপ্লেশন স্তরের বিভব প্রাচীর বহুলাংশে বৃদ্ধি পায়, ফলে সঙ্গত কারণে কোনো তড়িৎপ্রবাহ পাওয়ার কথা নয়। কিন্তু p টাইপ এর লঘিষ্ঠ আধান বাহক ইলেকট্রন এবং n টাইপ এর লঘিষ্ঠ আধান বাহক হোল এর জন্য খুবই সামান্য (মাইক্রো অ্যাম্পিয়ার পর্যায়ের) তড়িৎ প্রবাহ দেখা যায়। প্রযুক্ত বিভব বৃদ্ধি করলেও লঘিষ্ঠ আধান বাহকের সংখ্যা পরিবর্তন হয় না বলে এই প্রবাহের মান প্রায় একই থাকে। এই কারেন্টকে "বিপরীত সম্পৃক্ত কারেন্ট" বা লিকেজ কারেন্ট বলে। সিলিকন ডায়োডের জন্য এর মান μA ক্রমের।

গ



চিত্রের সংগ্রাহক নিঃসারক আবদ্ধ বর্তনীতে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$+V_{CE} - V_{CC} + I_CR_L = 0$

বা, $V_{CE} = V_{CC} - I_CR_L$

$= 12 - 10^{-3} \times 10^3$

$= 12 - 1$

$= 11$ V (Ans.)

এখানে,

বায়াসিং ভোল্টেজ, $V_{CC} = 12V$

সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 1\ mA = 10^{-3}A$

লোড রোধ, $R_L = 1k\Omega = 10^3\Omega$

সংগ্রাহক নিঃসারক ভোল্টেজ, $V_{CE} = ?$

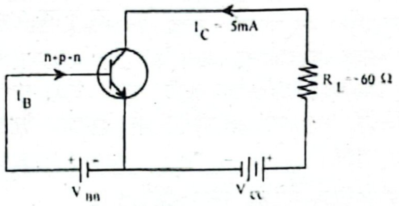
ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন, $A_v = 245 > 1$

সুতরাং, ট্রানজিস্টরটি ভোল্টেজ বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে।

প্রশ্ন ▸ ১৭ যশোর বোর্ড ২০২৩ ‖ প্রশ্ন নং ৮

একটি কমন এমিটার n-p-n ট্রানজিস্টর বর্তনী দেখানো হলো। ট্রানজিস্টরটির গতীয় রোধ 40Ω এবং কারেন্ট গেইন 75।



ক. p-টাইপ অর্ধপরিবাহী কী? ১

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহীর রোধ কমে— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে 120 মানের ভোল্টেজ গেইন পাওয়া সম্ভব কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অর্ধপরিবাহী পদার্থে ত্রি-যোজী মৌল ভেজাল বা অপদ্রব্য হিসেবে মেশালে তাদের মধ্যে ধনাত্মক আধান বাহক হোল গরিষ্ঠ আধান বাহক হিসেবে কাজ করে। এ ধরনের অর্ধ পরিবাহীকে p টাইপ অর্ধপরিবাহী বলে।

খ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অর্ধপরিবাহী পদার্থের আপেক্ষিক রোধ কমতে থাকে এবং সাথে সাথে এর তড়িৎ পরিবাহিতা ক্রমান্বয়ে বাড়তে থাকে। অর্ধপরিবাহী পদার্থের ক্ষেত্রে ওহমের সূত্র খাটে না। অর্ধপরিবাহী পদার্থের ইলেকট্রনগুলো পরমাণুর সাথে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকলেও তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তা মুক্ত হয়ে পরিবাহিতা বাড়াতে সাহায্য করে। তবে কক্ষ তাপমাত্রায় তাপীয় উত্তেজনার দরুণ কিছু কিছু ইলেকট্রন মুক্ত হয়। তাই নিম্ন তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহীতে স্বল্প পরিমাণ তড়িৎ পরিবাহিতা থাকে।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.9868।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** $A_V < 120$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনী থেকে 120 মানের ভোল্টেজ গেইন পাওয়া সম্ভব না।

প্রশ্ন ▶ ১৮ বরিশাল বোর্ড ২০২৩ I প্রশ্ন নং ৮

একটি ট্রানজিস্টরের কালেক্টর প্রবাহ 0.072A এবং বেইজ প্রবাহ 0.008A। অপর একটি ট্রানজিস্টরের ইমিটার প্রবাহ 0.065A এবং বেইজ প্রবাহ 0.005A।

ক. শক্তি ব্যান্ড কাকে বলে? ১
খ. ডোপিং তড়িৎ পরিবাহিতার জন্য সহায়ক— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রথম ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক বের করো। ৩
ঘ. প্রবাহ বিবর্ধক হিসেবে কোন ট্রানজিস্টরটি বেশি উপযোগী? বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই পদার্থের কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির মান পরিপার্শ্বের পরমাণুগুলোর প্রভাবে কিছুটা পরিবর্তন হয়। ফলে ইলেকট্রনগুলোর শক্তি একটি নির্দিষ্ট মানে না থেকে একটি নির্দিষ্ট পাল্লা বা ব্যান্ড তৈরি করে। একে শক্তি ব্যান্ড বলে।

খ যে পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর সাথে সামান্য পরিমাণ অপদ্রব্য বা ভেজাল মিশ্রিত করে অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা বহুল পরিমাণে বৃদ্ধি করা হয়, তাকে ডোপিং বলে।
ডোপিং এর সাহায্যে অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহীতা বৃদ্ধি করা যায়। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ ত্রিযোজী মৌল মিশ্রিত করে p টাইপ অর্ধপরিবাহী তৈরি করা হয় যেখানে গরিষ্ঠ আধান বাহক হোল। আবার, বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ পঞ্চযোজী মৌল মিশ্রিত করে n টাইপ অর্ধপরিবাহী তৈরি করা হয় যেখানে গরিষ্ঠ আধান বাহক ইলেকট্রন। তাই বলা যায়, ডোপিং তড়িৎ পরিবাহিতার জন্য সহায়ক।

গ আমরা জানি,

$I_{E_1} = I_{B_1} + I_{C_1}$
$= (0.008 + 0.072)$ mA
$= 0.08$ mA

আবার,

$$\alpha = \frac{I_{C_1}}{I_{E_1}} = \frac{0.072}{0.08}$$
$= 0.9$ (Ans.)

এখানে,
বেইজ প্রবাহ,
$I_{B_1} = 0.008$ A
কালেক্টর প্রবাহ, $I_{C_1} = 0.072$ A
প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = ?$

ঘ 'গ' হতে প্রাপ্ত, প্রথম ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha_1 = 0.9$।
১ম ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ β_1 হলে,

$$\beta_1 = \frac{I_{C_1}}{I_{B_1}} = \frac{0.072}{0.008} = 9$$

এখানে,
১ম ট্রানজিস্টরের কালেক্টর প্রবাহ,
$I_{C_1} = 0.072$ A
বেইজ প্রবাহ, $I_{B_1} = 0.008$ A

২য় ট্রানজিস্টরের কালেক্টর প্রবাহ I_C হলে,

$I_{E_2} = I_{B_2} + I_{C_2}$
বা, $I_{C_2} = I_{E_2} - I_{B_2}$
$= 0.065 - 0.005$
$= 0.06$ A

এখানে,
ইমিটার প্রবাহ, $I_{E_2} = 0.065$ A
বেইজ প্রবাহ, $I_{B_2} = 0.005$A

দ্বিতীয় ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক β_2 হলে,

$$\beta_2 = \frac{I_{C_2}}{I_{B_2}} = \frac{0.06}{0.005} = 12$$

দেখা যাচ্ছে, $\beta_2 > \beta_1$
তাই বলা যায়, প্রবাহ বিবর্ধক হিসেবে ২য় ট্রানজিস্টরটি বেশি উপযোগী।

প্রশ্ন ▶ ১৯ ঢাকা বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৭

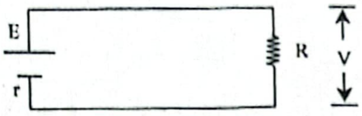
একটি দুর্বল সংকেতকে 250 গুণ বিবর্ধিত করার লক্ষে একটি ট্রানজিস্টর বর্তনীতে ইনপুটে 35 Ω এবং লোডে 85 Ω ব্যবহার করা হলো। বর্তনীটির ভূমিতে 50 μA প্রয়োগ করলে সংগ্রাহকে 50 mA প্রবাহ পাওয়া যায়।

ক. ফ্যারাডে কাকে বলে? ১
খ. বর্তনীর প্রান্তিক বিভব তড়িচ্চালক বলের চেয়ে ছোট হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের উদ্দেশ্য পূরণ হবে কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহকের বিভব 1 ভোল্ট বাড়াতে যদি 1 কুলম্ব আধানের প্রয়োজন হয়, তাহলে ঐ পরিবাহকের ধারকত্বকে এক ফ্যারাডে বলে।

খ



উপরের বর্তনীটির কোষের তড়িচ্চালক বল E, অভ্যন্তরীণ রোধ r, বহিঃস্থ রোধ R এবং এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য = V

তড়িৎপ্রবাহ I হলে $I = \frac{E}{R + r}$ বা, $E = IR + Ir$; যা শক্তির সংরক্ষণ নীতি নির্দেশ করে।
এখানে, IR = বহিঃস্থ রোধের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য, V
$r \neq 0$ হলে, $E > V$ তবে, $r = 0$ হলে $E = V$ হবে।
অর্থাৎ, কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ থাকার কারণেই বহিঃস্থ রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কোষের তড়িচ্চালক বলের চেয়ে ছোট হয়।

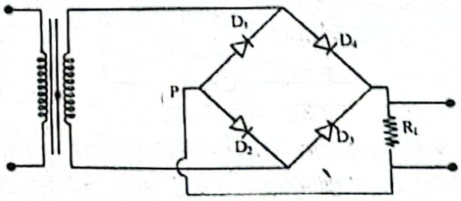
গ ১৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.9996।

ঘ এখানে,
ইনপুট রোধ, $R_i = 35\ \Omega$
লোড রোধ, $R_L = R_C = 85\ \Omega$
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 50\ \mu A = 50 \times 10^{-6}$ A
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 50$ mA $= 50 \times 10^{-3}$ A
ইনপুট বিভব, $V_i = I_B R_i = 50 \times 10^{-6} \times 35 = 1.75 \times 10^{-3}$ V
আউটপুট বিভব, $V_o = I_C R_L = 50 \times 10^{-3} \times 85 = 4.25$ V

ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{4.25}{1.75 \times 10^{-3}} = 2428.57 \neq 250$

সুতরাং, উদ্দীপকের শিক্ষার্থী তার উদ্দেশ্য পূরণ করতে পারবে না।

প্রশ্ন ▶ ২০ ঢাকা বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৮



বর্তনীতে ব্যবহৃত প্রতিটি ডায়োড অভিন্ন। এদের যে কোনোটির দুইপ্রান্তে 0.6 volt বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করায় প্রবাহ 100 mA হতে 150 mA এ পরিবর্তিত হয়। আবার ব্রীজটির সাহায্যে AC Signal কে DC Signal এ রূপান্তর করতে গিয়ে দেখা গেল D_4 ডায়োডটি নষ্ট।

ক. NAND গেইট কী? ১
খ. ডায়োডের জেনার ক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ২
গ. প্রতিটি ডায়োডের গতীয় রোধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বর্তনীতে D_4 সংযুক্ত অবস্থায় AC কে DC তে রূপান্তর সম্ভব কি না— সচিত্র ব্যাখ্যা দাও। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মৌলিক AND গেটের আউটপুটে NOT গেট যুক্ত করা হলে উক্ত সমবায়টি-ই হলো NAND গেট।

খ ১(খ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

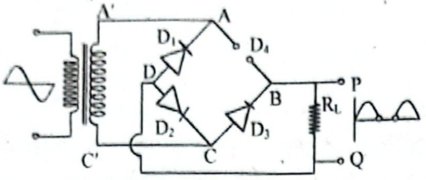
গ যেহেতু, ডায়োড চারটি অভিন্ন তাই সমান বিভব পার্থক্যে প্রতিটির গতীয় রোধ একই হবে।

আমরা জানি,

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.6}{50 \times 10^{-3}} = 12\ \Omega\ \text{(Ans.)}$$

এখানে,
বিভব পার্থক্য,
$\Delta V = 0.6$ V
তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন,
$\Delta I = 150 - 100 = 50$ mA $= 50 \times 10^{-3}$A
অভিন্ন ডায়োড গুলোর গতীয় রোধ, R = ?

ঘ চিত্রে বর্তনীতে D_4 ডায়োডটি নষ্ট হলে বর্তনীটি হবে:

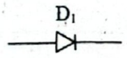


এখানে D_4 এর স্থানে খোলা বর্তনী তৈরি হবে।

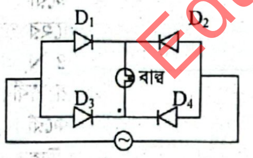
এখন ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুন্ডলীকে দিক পরিবর্তী প্রবাহের উৎসের সাথে যুক্ত করা হলে তা গৌণ কুন্ডলীতে আবিষ্ট হয়। দিক পরিবর্তী প্রবাহের ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য A প্রান্ত ধনাত্মক ও C প্রান্ত ঋণাত্মক হয়। এ অবস্থায় D_4 ও D_2 সম্মুখী বায়াসে থাকার কথা। কিন্তু D_4 ডায়োড নষ্ট হওয়ায় এখানে খোলা বর্তনী তৈরি হয়। ফলে তড়িৎ প্রবাহ হয় না। এজন্য ভার রোধ R_L এর প্রান্তে বিভব পতন শূন্য হয়।

আবার দিক পরিবর্তী প্রবাহের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য C প্রান্ত ধনাত্মক ও A প্রান্ত ঋণাত্মক হয়। এতে D_1 ও D_3 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হয় এবং $CBR_LDAA'C'$ পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। সুতরাং, বর্তনীতে D_4 যুক্ত থাকা অবস্থায় আউটপুট DC হবে কিন্তু পূর্ণতরঙ্গ পাওয়া যায় না, শুধু অর্ধতরঙ্গ পাওয়া যায়। এ অবস্থায় বর্তনীটি অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ার হিসেবে কাজ করে। অর্থাৎ, বর্তনীতে D_4 সংযুক্ত অবস্থায় AC কে DC তে রূপান্তর সম্ভব। তবে, এখানে AC হতে পূর্ণতরঙ্গ DC আউটপুট পাওয়া সম্ভব না।

প্রশ্ন ▸ ২১ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৭



চিত্র-১



চিত্র-২

১ নং চিত্রে প্রদত্ত ডায়োডের অনুরূপ ৪টি ডায়োডকে বর্তনীর ন্যায় যুক্ত করা হলো (চিত্র-২)। যে কোনো একটি ডায়োডের সম্মুখবর্তী ঝোঁকে 0.12 V বিভব পরিবর্তনে 3×10^{-2} A তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন ঘটে।

ক. শক্তি ব্যান্ড কী? ১
খ. P-type অর্ধপরিবাহকে সংখ্যাগরিষ্ঠ বাহক হোল কেন? ২
গ. D_1 এর গতীয় রোধ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. বাল্বটি সবসময় জ্বলতে থাকবে এটি সম্ভব করতে হলে D_1 ও D_2 এর সংযোগে কী পরিবর্তন আনতে হবে? বর্তনী চিত্র অংকনপূর্বক বিশ্লেষণ করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই পদার্থের কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির মান পরিপার্শ্বের পরমাণুগুলোর প্রভাবে কিছুটা পরিবর্তন হয়। ফলে ইলেকট্রনগুলোর শক্তি একটি নির্দিষ্ট মানে না থেকে যে নির্দিষ্ট পাল্লা বা ব্যান্ড তৈরি করে। তাই শক্তি ব্যান্ড বলে।

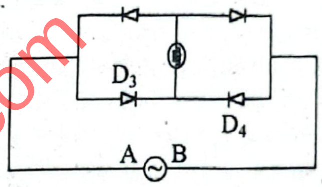
খ p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী তৈরি করা হয় বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহী কেলাসের মধ্যে, বহিঃস্থ কক্ষপথে তিনটি ইলেকট্রন আছে এমন পরমাণু, অতি সামান্য পরিমাণ ভেজাল দিয়ে। এতে ভেজাল পরমাণু যখন তার চারপার্শ্বস্থ চারটি মূল পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে তখন একটি ইলেকট্রনের ঘাটতি হয়। ফলে ভেজাল পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষপথে ইলেকট্রনের সংখ্যা হয় সাত, অর্থাৎ যোজন ব্যান্ডে একটি হোল সৃষ্টি হয়। p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীতে বিভব প্রয়োগ করা হলে হোল তার পার্শ্ববর্তী পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে, ফলে পার্শ্ববর্তী পরমাণুতে হোল সৃষ্টি হয়। এভাবে হোল পরমাণু থেকে পরমাণুতে সঞ্চালিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। তাই বলা যায়, p টাইপ অর্ধ পরিবাহীতে সংখ্যাগরিষ্ঠ আধান বাহক হোল।

গ আমরা জানি,
গতীয় রোধ,

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.12}{3 \times 10^{-2}} = 4\ \Omega\ \text{(Ans.)}$$

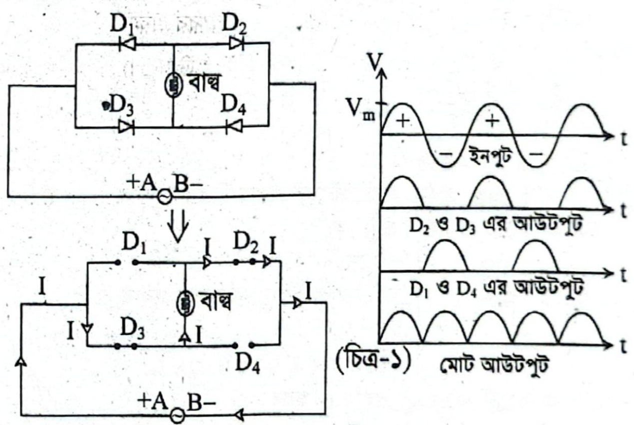
এখানে,
বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন,
$\Delta V = 0.12$V
তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন,
$\Delta I = 3 \times 10^{-2}$A
D_1 এর গতীয় রোধে, R = ?

ঘ বাল্বটি সবসময় জ্বলতে থাকবে এটি সম্ভব করতে হলে D_1 ও D_2 ডায়োডের সংযোগকে উল্টো করে নিচের বর্তনীর মতো করে সংযোগ দিতে হবে।



বাল্বটি যে সবসময় জ্বলবে তার ব্যাখ্যা:

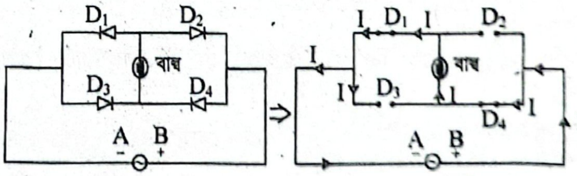
(i) ইনপুটের ধনাত্মক অর্ধচক্রের সময় A প্রান্ত ধনাত্মক ও B প্রান্ত ঋণাত্মক হয়।



(চিত্র-১)

এ অবস্থায় ডায়োড D_3 ও D_2 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হয়। অন্যদিকে ডায়োড D_1 ও D_4 বিপরীত ঝোঁক প্রাপ্ত হয়। এ অবস্থায় বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক (চিত্র-১) এর মতো হয়। এর ফলে, বাল্ব এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় ও বাল্বটি জ্বলতে থাকে।

(ii) ইনপুটের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের সময় A প্রান্ত ঋণাত্মক ও B প্রান্ত ধনাত্মক হয়।



(চিত্র-২)

এ অবস্থায় ডায়োড D_4 ও D_1 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হয়। অন্যদিকে ডায়োড D_2 ও D_3 বিপরীত ঝোঁক প্রাপ্ত হয়। এ অবস্থায় বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ (চিত্র-২) এর মতো হয়। ফলে, বাল্ব এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় ও বাল্বটি জ্বলতে থাকে। এভাবে 4টি ডায়োডের সাহায্যে বাল্বটিকে সবসময় জ্বালিয়ে রাখা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ২২ রাজশাহী বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৮

একটি দুর্বল সংকেতকে 250 গুণ বিবর্ধিত করার লক্ষে একটি ট্রানজিস্টর বর্তনীতে ইনপুটে 35 Ω এবং লোডে 85 Ω ব্যবহার করা হলো। বর্তনীটির ভূমিতে 50 μA প্রয়োগ করলে সংগ্রাহকে 50 mA পাওয়া যায়।

ক. ফ্যারাড কাকে বলে? ১

খ. গ্যালিলিও রূপান্তর লরেঞ্জ রূপান্তরের একটি বিশেষ রূপ— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের উদ্দেশ্য পূরণ হবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

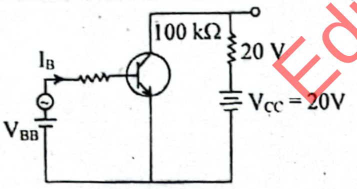
ক কোনো পরিবাহকের বিভব 1 ভোল্ট বাড়াতে যদি 1 কুলম্ব আধানের প্রয়োজন হয়, তাহলে ঐ পরিবাহকের ধারকত্বকে এক ফ্যারাড বলে।

খ লরেন্টজ রূপান্তর সমীকরণ থেকে আমরা জানি, $x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ এবং $t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$। এখন, গতিশীল কাঠামোর বেগ v যদি আলোর বেগ C এর মানের তুলনায় খুবই ছোট হয়, অর্থাৎ $v << c$ হয়, তখন, $\frac{v}{c} \to 0$ ও $\left(\frac{v}{c}\right)^2 \to 0$ হয়। ফলে $1 - \frac{v^2}{c^2} \approx 1$ হয় এবং সমীকরণ দুইটি হয়, $x' = x - vt$ এবং $t' = t$। এগুলো আসলে গ্যালিলিওর রূপান্তর সমীকরণ। এজন্য বলা যায় যে, গ্যালিলিও রূপান্তর লরেন্টজ রূপান্তরের একটি বিশেষ রূপ।

গ ১৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.9996।

ঘ ১৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ২৩ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৮



$\alpha = 0.98$

0.5 V এর একটি সিগন্যালকে বিবর্ধিত করার জন্য চিত্রে প্রদত্ত ট্রান্সজিস্টরটি ব্যবহৃত হয়। সিগন্যালটি ইনপুটে যুক্ত করার ফলে পীঠ প্রবাহের পরিবর্তন 10 μA হয়।

ক. দাতা পরমাণু কাকে বলে? ১

খ. "Knee Voltage" এর মান 0.7 V বলতে কী বুঝো? ২

গ. ইনপুট রোধের মান কত? ৩

ঘ. প্রদত্ত ট্রানজিস্টর এর সাহায্যে উদ্দীপকে উল্লিখিত সিগন্যালটি বিবর্ধিত করা যাবে কি? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক n টাইপ অর্ধপরিবাহীতে পঞ্চযোজী অপদ্রব্য পরমাণু একটি করে মুক্ত ইলেকট্রন দান করে, তাই পঞ্চযোজী অপদ্রব্য পরমাণুকে দাতা পরমাণু বলে।

খ "Knee voltage" এর মান 0.7 V বলতে বোঝায়, ডায়োডকে সম্মুখী ঝোঁকে সংযোগ দেবার পর প্রযুক্ত বিভব 0.7 V এর পূর্ব পর্যন্ত p-n জাংশনের বিভব বাধা বা ডিপলেশন স্তরের জন্য প্রথমে কোনো প্রবাহ পাওয়া যায় না। প্রযুক্ত বিভবের মান 0.7 V অতিক্রম করার পর তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় এবং তড়িৎ প্রবাহ দ্রুত সূচকীয়ভাবে বৃদ্ধি পেতে থাকে।

গ

ইনপুট রোধের মান R_{in} হলে,

$V_{in} = \Delta I_B R_{in}$

বা, $R_{in} = \frac{V_{in}}{\Delta I_B} = \frac{0.5}{10 \times 10^{-6}}$

$= 50000\ \Omega$

$= 50\ k\Omega$ (Ans.)

এখানে,
ইনপুট সিগন্যাল ভোল্টেজ, $V_{in} = 0.5\ V$
পীঠ প্রবাহের পরিবর্তন, $\Delta I_B = 10\ \mu A$
$= 10 \times 10^{-6}\ A$

ঘ ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ β হলে,

$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{0.98}{1 - 0.98} = 49$

এখানে,
প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = 0.98$

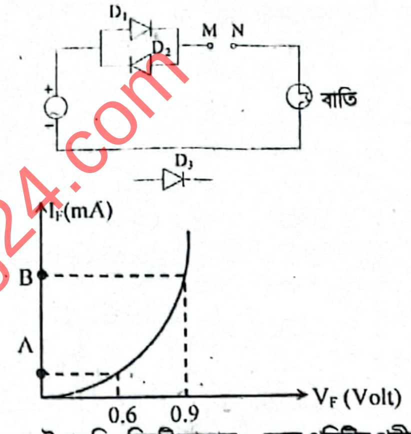
ট্রানজিস্টরটির ভোল্টেজ লাভ A_v হলে,

$A_v = \beta \times \frac{R_L}{R_{in}} = 49 \times \frac{100}{50} = 98$

যেহেতু, $A_v = 98 > 1$, তাই বলা যায়, প্রদত্ত ট্রানজিস্টর এর সাহায্যে উদ্দীপকে উল্লিখিত সিগন্যালটি বিবর্ধিত করা যাবে।

এখানে,
$\beta = 49$
লোড রোধ, $R_L = 100\ k\Omega$
'গ' থেকে পাই,
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 50\ k\Omega$

প্রশ্ন ▶ ২৪ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২ I প্রশ্ন নং ৭



D_1, D_2 এবং D_3 একইপ্রকৃতির তিনটি ডায়োড। এদের প্রতিটির গতীয় রোধ 150 Ω।

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কী? ১

খ. হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনের বেগ কক্ষপথের ব্যাসার্ধের সাথে কীরূপ সম্পর্কিত? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A ও B বিন্দুর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের পার্থক্য নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বর্তনীতে D_3 ডায়োডটিকে M ও N এর মাঝে কীভাবে স্থাপন করা হলে ভোল্টমিটারটি ক্রমান্বয়ে সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ পাঠ দিবে? বর্তনীচিত্র অঙ্কনপূর্বক বিশ্লেষণ করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে অনেক বেশি বেগে গতিশীল থাকার কারণে কোনো দণ্ডের দৈর্ঘ্য কমে যাওয়ার ঘটনাই দৈর্ঘ্য সংকোচন।

খ বোর পরমাণু মডেল থেকে আমরা জানি, H পরমাণুর জন্য n তম কক্ষপথের ইলেকট্রনের বেগ, $v_n = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m r_n}}$

এখানে, e, m, ε_0 ধ্রুবক হওয়ায়, বেগ $v_n \propto \frac{1}{\sqrt{r_n}}$, অর্থাৎ, ইলেকট্রনের বেগ কক্ষপথের ব্যাসার্ধের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। এই তথ্যের আলোকে বলা যায় যে কক্ষপথের ব্যাসার্ধ যত বেশি হয়, ইলেকট্রনের বেগ তত কমতে থাকে। n = 1, অর্থাৎ, ১ম বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ r_1 সবচেয়ে কম, তাই এই কক্ষপথে ইলেকট্রনের বেগ v_1 সবচেয়ে বেশি।

গ A ও B বিন্দুর মধ্যে প্রবাহের পার্থক্য ΔI_F হলে,

আমরা জানি,

গতীয় রোধ, $R = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$

বা, $\Delta I_F = \frac{\Delta V_F}{R}$

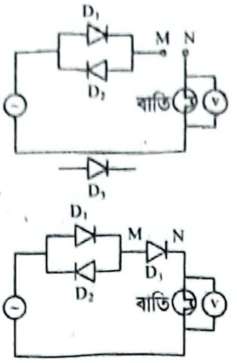
$= \frac{0.3}{150} = 2 \times 10^{-3}\ A = 2\ mA$

এখানে,
ভোল্টেজের পরিবর্তন
$\Delta V_F = (0.9 - 0.6)\ V$
$= 0.3\ V$
গতীয় রোধ, $R = 150\ \Omega$

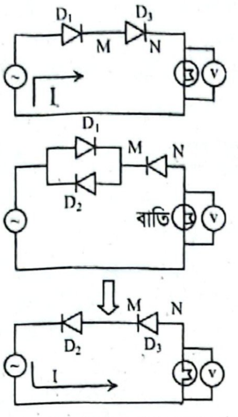
∴ A ও B বিন্দুর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের পার্থক্য, $\Delta I_F = 2\ mA$ (Ans.)

ঘ D_3 ডায়োডকে M ও N এর মাঝে দুইভাবে যুক্ত করা যায়:

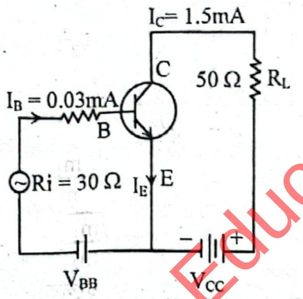
(1) M প্রান্তে p ও N প্রান্তে n বসিয়ে: এ অবস্থায় D_1 ও D_3 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হবে ও D_2 বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হবে। ফলে ধনাত্মক অর্ধচক্রের সময় তড়িৎ প্রবাহ হবে এবং বাতিতে বিভব পতনের জন্য ভোল্ট মিটারের পাঠ ধনাত্মক হবে যা সর্বোচ্চ মান।



(2) M প্রান্তে n ও N প্রান্তে p বসিয়ে: এ অবস্থায় D_2, D_3 সম্মুখী ঝোঁক ও D_1। বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হবে। ফলে ঋণাত্মক অর্ধচক্রের সময় তড়িৎ প্রবাহ হবে এবং বাতিতে বিভব পতনের জন্য ভোল্টমিটারের পাঠ ঋণাত্মক হবে যা সর্বনিম্ন মান।



প্রশ্ন ▸ ২৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৪



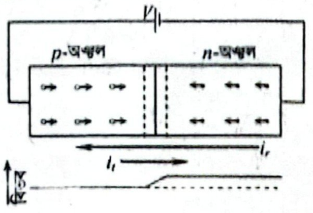
উদ্দীপকে একটি কমন এমিটার n–p–n ট্রানজিস্টর বর্তনী দেখানো হলো—

ক. ডোপিং কী? ১
খ. ডায়োডের সম্মুখী ঝোঁক বলতে কী বুঝো? ২
গ. উদ্দীপকের বর্তনীর কারেন্ট গেইন β কত? ৩
ঘ. বেস প্রবাহ ও কালেক্টর প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে ভোল্টেজ গেইনের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ তড়িৎ উৎসের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জংশনের p ও n-অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে তাকে সম্মুখী ঝোঁক বলে। এতে n-অঞ্চলে উৎসের ঋণাত্মক প্রান্ত থেকে ইলেকট্রন এসে নিঃশোষিত অঞ্চলের ধনাত্মক আয়নের সাথে যুক্ত হয়, ফলে এর বিভব হ্রাস পায়। আবার উৎসের ধনাত্মক প্রান্ত p-অঞ্চল থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করায় নিঃশোষিত অঞ্চলে হোলের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় বা ঋণাত্মক আয়নের সংখ্যা হ্রাস পায় ফলে বিভব বৃদ্ধি পায়।



এতে জংশনের দু'পাশের বিভব পার্থক্য এবং নিঃশোষিত অঞ্চলের পুরুত্ব হ্রাস পায়। সম্মুখী ঝোঁকে জংশনের দুই পাশের বিভব পার্থক্য, বায়াস বিভবের সমপরিমাণ হ্রাস পায়, অর্থাৎ বায়াসহীন অবস্থায় জংশনের দুই পাশের বিভব পার্থক্য বা বিভব বাধা V_b এবং প্রযুক্ত বিভব V হলে সম্মুখী বায়াস অবস্থায় জংশনের দুই পাশে বিভব পার্থক্য হয় $(V_b - V)$। ফলে, অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন n-অঞ্চল থেকে p-অঞ্চলের দিকে ধাবিত হয়। এতে পুনঃসংযোগ ইলেকট্রন প্রবাহ উল্লেখযোগ্য পরিমাণ বৃদ্ধি পায় কিন্তু তাপীয় ইলেকট্রন প্রবাহের কোনো পরিবর্তন হয় না, ফলে নিট ইলেকট্রন প্রবাহ দাঁড়ায় $i_r - i_t$। এতে জংশনের মধ্য দিয়ে যথেষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ চলে। সম্মুখী ঝোঁকে জংশনের মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ চলে তাকে সম্মুখী প্রবাহ বলে।

গ আমরা জানি,

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{1.5}{0.03} = 50 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
পীঠ প্রবাহের পরিবর্তন, $\Delta I_B = 0.03$ mA
সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন, $\Delta I_C = 1.5$ mA
প্রবাহ লাভ, $\beta = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, বর্তনীর কারেন্ট গেইন, $\beta = 50$

ভোল্টেজ গেইন A_V হলে,

$$A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_i} = 50 \times \frac{50}{30} = 83.33$$

এখানে,
লোড রোধ, $R_L = 50\ \Omega$
ইনপুট রোধ, $R_i = 30\ \Omega$

বেস প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে, পরিবর্তিত বেস প্রবাহ $I_B' = 2I_B = 2 \times 0.03 = 0.06$ mA

কালেক্টর প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে,
পরিবর্তিত কালেক্টর প্রবাহ, $I_C' = 2I_C = 2 \times 1.5 = 3$ mA

পরিবর্তিত কারেন্ট গেইন, $\beta' = \frac{I_C'}{I_B'} = \frac{3}{0.06} = 50$

পরিবর্তিত ভোল্টেজ গেইন,

$$A_V' = \beta' \times \frac{R_L}{R_{in}} = 50 \times \frac{50}{30} = 83.33$$

দেখা যাচ্ছে, $A_V' = A_V$

সুতরাং, বেস প্রবাহ ও কালেক্টর প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে ভোল্টেজ গেইনের কোনো পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▸ ২৬ সিলেট বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮

n-p-n ট্রানজিস্টরকে প্রথমে সাধারণ নিঃসারক সংযোগ দিয়ে নিঃসারক প্রবাহ 1.92 mA এবং পীঠ প্রবাহ 0.08 mA পাওয়া গেল। পরে সাধারণ ভূমি বিন্যাসে সংযোগ দিয়ে নিঃসারক প্রবাহ এবং সংগ্রাহক প্রবাহের মান পাঁচগুণ করা হলো।

ক. ব্যান্ড তত্ত্ব কী? ১
খ. ডোপিং কীভাবে অর্ধ পরিবাহীর তড়িৎ পারিবাহিতাকে প্রভাবিত করে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে প্রবাহ লাভ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের সংযোগ বিন্যাস পরিবর্তন করায় প্রবাহ বিবর্ধক গুণকের মান পরিবর্তন হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন পদার্থের পরমাণুর কক্ষপথের বিভিন্ন স্তরের শক্তি তথা বিভিন্ন ব্যান্ডের শক্তির উপর ভিত্তি করে তার তড়িৎ পরিবাহিতা, রোধ ইত্যাদি সম্পর্কে যে তত্ত্ব হতে ধারণা পাওয়া যায় তাই ব্যান্ড তত্ত্ব।

খ বিশুদ্ধ বা সহজাত অর্ধপরিবাহীতে সুবিধাজনক অপদ্রব্য অতিসামান্য পরিমাণে নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে। ডোপিং এর ফলে অর্ধপরিবাহীর পরিবহন ধর্ম ব্যাপকভাবে পরিবর্তিত হয় এবং পরিবাহিতা অনেকগুণ বৃদ্ধি পায়। কারণ, ডোপিং এর মাধ্যমে যে অপদ্রব্য মেশানো হয় তা অর্ধপরিবাহীর কেলাসে মুক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা বা হোল সংখ্যা বৃদ্ধি করে। ফলে অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

গ আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C$

বা, $I_C = I_E - I_B$

$= (1.92 - 0.08)$ mA

$= 1.84$ mA

এখানে,
নিঃসারক প্রবাহ,
$I_E = 1.92$ mA
পিঠ প্রবাহ, $I_B = 0.08$ mA
প্রবাহ লাভ, $\beta = ?$

আবার, প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1.84}{0.08} = 23$ **(Ans.)**

ঘ পূর্বের সাধারণ নিঃসারক বিন্যাসে সংযোগের ক্ষেত্রে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α হলে,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

$= \frac{1.84}{1.92}$

$= 0.958$

এখানে,
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 1.92$ mA
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0:08$ mA
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 1.84$ mA
('গ' থেকে প্রাপ্ত)

পরবতীতে সাধারণ ভূমি বিন্যাসে সংযোগের ক্ষেত্রে নিঃসারক ও সংগ্রাহক প্রবাহ 5 গুণ করায় পরিবর্তিত নিঃসারক প্রবাহ,

$$I'_E = 5I_E = (5 \times 1.92) = 9.6 \text{ mA}$$

পরিবর্তিত সংগ্রাহক প্রবাহ, $I'_C = 5I_C = 5 \times 1.84 = 9.2$ mA

নতুন প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α' হলে,

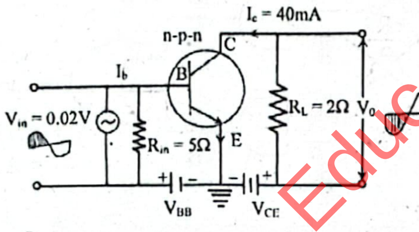
$$\alpha' = \frac{I'_C}{I'_E} = \frac{9.2}{9.6} = 0.958$$

দেখা যাচ্ছে, $\alpha = \alpha'$

সুতরাং, উদ্দীপকে ট্রানজিস্টরের সংযোগ বিন্যাস পরিবর্তন করায় প্রবাহ বিবর্ধক গুণকের মান পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▸ ২৭ যশোর বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৮

নিচে একটি কমন এমিটার n–p–n ট্রানজিস্টর বর্তনী দেখানো হলো:



ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. p-n জাংশন ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার চার্জ নিরপেক্ষ—ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া সম্ভব কিনা ভোল্টেজ গেইন নির্ণয়ের মাধ্যমে গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ একটি p-টাইপ ও একটি n-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাধীনে সংযুক্ত করলে সংযোগ পৃষ্ঠকে p-n জাংশন বলে। p-n জাংশনের যে পাশে p-টাইপ অঞ্চল সেখানে সংখ্যাগুরু বাহক হোল এবং যে পাশে n-টাইপ অঞ্চল সেখানে ইলেকট্রনের আধিক্য অনেক বেশি। যখন তড়িৎ কোষের ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপ অঞ্চল যুক্ত হয় তখন n-অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো p-অঞ্চলের হোল দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপন ক্রিয়ার মাধ্যমে জাংশনের দিকে ছুটে যায়। একইভাবে p-অঞ্চলের হোলগুলো n-অঞ্চলের ইলেকট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপনের মাধ্যমে সংযোগস্থলের দিকে ছুটে যায়। p-n জাংশনস্থলে ইলেকট্রন ও হোল পরমাণু মিলিত হয়ে নিরপেক্ষ হয়ে যায়। এ কারণে p-n জাংশন ডায়োডের ডিপ্লেশন লেয়ার সামগ্রিকভাবে তড়িৎ নিরপেক্ষ।

গ ১(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.909।

ঘ ১(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ভোল্টেজ গেইন, $A_V = 4 > 1$ হওয়ায় উদ্দীপকের বর্তনী থেকে বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ২৮ বরিশাল বোর্ড ২০২২ ▌প্রশ্ন নং ৫

মাহি ও রাহি ইলেকট্রনিকস দোকান থেকে দুটি n-p-n ট্রানজিস্টর কিনে আনে। মাহির ট্রানজিস্টরে ইনপুট ভোল্টেজ, ইনপুট রোধ, ভাররোধ এবং সংগ্রাহক প্রবাহ যথাক্রমে 2 V, 50 Ω, 4 Ω এবং 30 mA। অপরদিকে রাহির ট্রানজিস্টরে প্রবাহ লাভ, ইনপুট রোধ এবং ভার রোধ যথাক্রমে 80, 40 Ω এবং 60 Ω।

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কাকে বলে? ১

খ. সমান গতিবেগ সম্পন্ন প্রোটন ও ইলেকট্রনের মধ্যে ইলেকট্রনের ডি ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. মাহির ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. মাহি ও রাহির ট্রানজিস্টরদ্বয়ের ক্ষমতা বিবর্ধন কি সমান হবে? গাণিতিক মতামত দাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ মনে করি, প্রোটন ও ইলেকট্রনের বেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2 এবং এদের ভর যথাক্রমে m_1 ও m_2 (এখানে, $m_1 >> m_2$)

তাহলে এদের গতিশক্তি যথাক্রমে, $E_{k_1} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$ এবং

$E_{k_2} = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$.

প্রশ্নমতে, $E_{k_1} = E_{k_2}$ বা, $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$.

বা, $\frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$ বা, $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$

তাহলে এদের ভরবেগের অনুপাত $= \frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1 v_1}{m_2 v_2} = \frac{m_1}{m_2}\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$

$$= \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} > 1 \quad (\because m_2 << m_1)$$

বা, $p_1 > p_2$; অর্থাৎ, প্রোটনের ভরবেগ ইলেকট্রনের ভরবেগের তুলনায় বেশি। আবার ডিব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_d = \frac{h}{p}$; এই সূত্রানুসারে ইলেকট্রনের ভরবেগ কম হওয়ায় এর ডি ব্রগলী তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি।

গ আমরা জানি, যদি কোন ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন, $V_A > 1$ হয়, তবে তা বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে। চিত্রের ট্রানজিস্টরটি হলো pnp ট্রানজিস্টর, যা কমন বেস বিন্যাসে সংযুক্ত।

এখানে ভোল্টেজ গেইন,

$V_A = \frac{V_o}{V_{in}}$

$= \frac{I_C R_L}{V_{in}} = \frac{30 \times 10^{-3} \times 4}{2}$

$= 0.06$ **(Ans.)**

এখানে,
ইনপুট ভোল্টেজ, $V_{in} = 2$ V
সংগ্রাহক প্রবাহ,
$I_C = 30$ mA $= 30 \times 10^{-3}$ A
ভার রোধ, $R_L = 4\ \Omega$

ঘ মাহির ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে,

ক্ষমতা বিবর্ধন, A_p হলে,

$A_p = \frac{P_{out}}{P_{in}}$

এখন, $P_{out} = (I_C)^2 \times R_L$

$= (30 \times 10^{-3})^2 \times 4$

$= 3.6 \times 10^{-3}$ W

এখানে,
ইনপুটভোল্টেজ, $V_{in} = 2$V
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 50\ \Omega$
ভাররোধ, $R_L = 4\ \Omega$
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 30$ mA
$= 30 \times 10^{-3}$ A

আবার, $P_{in} = \frac{(V_{in})^2}{R_{in}} = \frac{(2)^2}{50} = 0.08$ W

$\therefore A_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{3.6 \times 10^{-3}}{0.08} = 0.045$

রাহির ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে,
ক্ষমতা বিবর্ধন A_p' হলে,

$$A_p' = (\beta)^2 \times \frac{R_L}{R_{in}}$$
$$= (80)^2 \times \frac{60}{40}$$
$$= 9600$$

এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 80$
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 40\ \Omega$
ভাররোধ, $R_L = 60\ \Omega$

দেখা যাচ্ছে, $A_p \neq A_p'$, বরং $A_p < A_p'$
সুতরাং বলা যায়, মাহি ও রাহির ট্রানজিস্টরদ্বয়ের ক্ষমতা বিবর্ধন সমান হবে না।

প্রশ্ন ▸ ২৯ রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৬

ইনপুট		আউটপুট
A	B	X=A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

সারণি-১

ইনপুট		আউটপুট
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

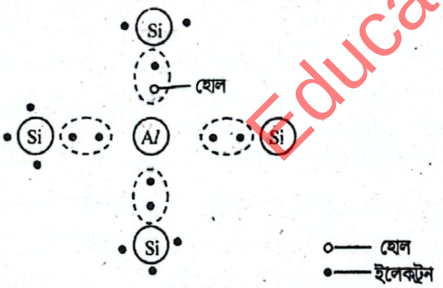
সারণি-২

ক. মুক্ত ইলেকট্রন কী? ১
খ. হোল কীভাবে তড়িৎ পরিবহন করে? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. সারণি-১ হতে লজিক গেটের কার্যক্রম বর্তনী চিত্রসহ বর্ণনা করো। ৩
ঘ. সারণি-২ এর গেটটিকে মৌলিক গেইট দিয়ে বাস্তবায়ন করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরমাণুর পরিবহন ব্যান্ডের ইলেকট্রনই মুক্ত ইলেকট্রন।

খ p টাইপ সেমিকন্ডাকটরে তড়িৎ পরিবহন ঘটে প্রধানত হোলের জন্য। কারণ, এখানে গরিষ্ঠ আধান বাহক হলো হোল। বিশুদ্ধ জার্মেনিয়াম বা সিলিকনের সাথে ত্রিযোজী মৌল যেমন Ga, Al ইত্যাদি অপদ্রব্য সামান্য পরিমাণে নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশানো হলে p-টাইপ কেলাস তৈরি হয়।

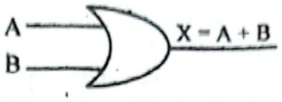


চিত্র: p টাইপ অর্ধপরিবাহী।

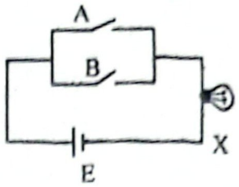
এক্ষেত্রে Al এর ক্ষেত্রে পার্শ্ববর্তী চতুর্যোজী Si এর সাথে সমযোজী বন্ধন গঠন করে একটি ইলেকট্রন ঘাটতি পড়ে। ফলে কেলাসে একটি ধনাত্মক হোল সৃষ্টি হয়। এই হোল পূরণ করতে একটি ইলেকট্রনের প্রয়োজন হয় যা Al গ্রহণ করে বলে এদেরকে গ্রাহক পরমাণু বলে। ধনাত্মক হোল ইলেকট্রনকে গ্রহণ করে বলে ইলেকট্রন Si বা Ge কেলাসের মধ্যে চলমান থাকে। এভাবে ইলেকট্রন পরমাণু থেকে পরমাণুতে গমন করে। যে ইলেকট্রনটি হোলে চলে যায় তা যে পরমাণু থেকে আসে তাতে একটি হোল সৃষ্টি করে আসে। সেই হোলকে দখল করার জন্য অন্য একটি ইলেকট্রন আসে। যেন মনে হয় ধনাত্মক হোল পদার্থের মধ্যে ইলেকট্রনের গতির দিকের বিপরীত দিকে গতিশীল। এভাবেই হোল তড়িৎ পরিবহন করে।

গ সারণি-১ হতে দেখা যায়, এখানে লজিক গেটটি হল OR গেইট। OR গেইটে দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকে কিন্তু একটিমাত্র আউটপুট থাকে। এটি এমনভাবে কাজ করে যেন যেকোন একটি ইনপুট বা সকল ইনপুট ভোল্টেজ (1) হলে আউটপুট ভোল্টেজ (1) হবে।

নিচে OR লজিক গেটের কার্যক্রম বর্তনীর সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হলো।



চিত্র: OR গেইট

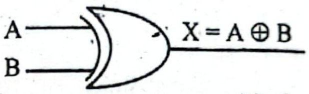


চিত্র: OR গেইটের সমতুল্য বর্তনী

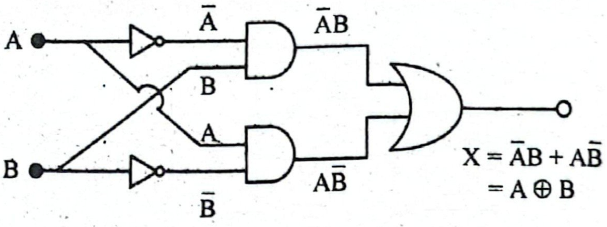
OR গেইটের সমতুল্য বর্তনীর ক্ষেত্রে A ও B দুটি ইনপুট সুইচকে সমান্তরালে সংযোগ দেয়া হয়। এই সমান্তরাল সুইচ বর্তনীর A ও B এর যে কোন একটি সুইচ 'অন' করলে (1 হলে) অথবা দুটি সুইচ একসঙ্গে 'অন' করলে (1 হলে) বাল্ব X জ্বলে (অর্থাৎ আউটপুট 1)। কিন্তু A ও B উভয় সুইচ 'অফ' থাকলে (O হলে) বাল্ব X জ্বলে না (আউটপুট 0)।

ঘ সারণি ২-এ দেখা যায়, ইনপুটে বিজোড় সংখ্যক 1 হলেই আউটপুট 1 হয়। অন্যথায় আউটপুট 0 হয়। অর্থাৎ, সারণি 2 এর গেইটটি হল X-OR গেইট- Exclusive-OR(XOR) গেট এমন এক ধরনের গেট যা এর ইনপুটে বিজোড় সংখ্যা আছে কিনা চিহ্নিত করে। দুটি বিটের অবস্থা তুলনা করার জন্য এই গেট ব্যবহার করা হয়। XOR গেইটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো—

$$X = A \oplus B$$
$$= \bar{A}B + A\bar{B}$$



XOR গেইটকে মৌলিক গেইট অর্থাৎ (AND, OR, NOT) গেইট দিয়ে নিম্নে বাস্তবায়ন করা হল:



চিত্র: মৌলিক গেইট দিয়ে XOR গেইট

প্রশ্ন ▸ ৩০ কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৬

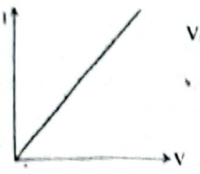
কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সংযোগে 0.95 V ও 1.15 V বিভব প্রয়োগ করলে যথাক্রমে 10 mA ও 30 mA বেস প্রবাহ পাওয়া যায়। ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ $\beta = 75$ এবং লোড রোধ $100\ \Omega$।

ক. ডোপিং কী? ১
খ. অর্ধ-পরিবাহী ডায়োড ওহমের সূত্র মেনে চলে কি-না– ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টর সংযোগটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

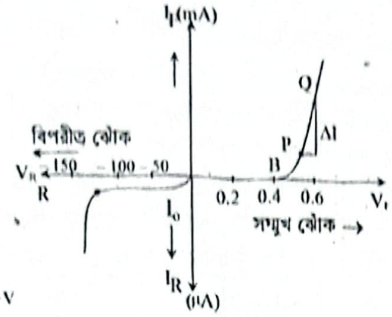
৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ অর্ধপরিবাহী ডায়োড ওহমের সূত্র মেনে চলে না।
আমরা জানি, ওহমের সূত্রটি হল, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ (I) এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য (V) এর সমানুপাতিক। অর্থাৎ $I \propto V$।



চিত্র: ওহমের সূত্রে I – V লেখ



চিত্র: ডায়োডের I – V লেখ

সুতরাং, ওহমের সূত্রানুযায়ী I-V লেখ মূলবিন্দুগামী সরলরেখা হবে। কিন্তু, ডায়োডের ক্ষেত্রে দেখা যায়, সম্মুখবর্তী ভোল্টেজ V_F বৃদ্ধির সাথে সাথে কারেন্ট বৃদ্ধি পায় না। ডায়োডের মধ্যে পূর্বে সৃষ্ট বিভব প্রাচীর অতিক্রম করার জন্য একটি নির্দিষ্ট ভোল্টেজের প্রয়োজন হয় যাকে কাট-ইন ভোল্টেজ বলে। Si এর জন্য যা 0.7 V এবং Ge এর জন্য যা 0.3 V। চিত্রে B অপারেটিং ভোল্টেজ। এরপর ভোল্টেজ আরও বৃদ্ধি করলে কারেন্ট সূচকীয়ভাবে বাড়ে এবং পরবর্তীতে কিছু সময়ের জন্য ভোল্টেজ কারেন্ট বৃদ্ধি সমানুপাতে হয়। এরপর $V_F > V_o$ (কাট-ইন ভোল্টেজ) হলে, I_F দ্রুত বৃদ্ধি পায়। তাই, I_F খাড়াভাবে ওপরে ওঠে। এই বৈশিষ্ট্য লেখটি সর্বদা সরলরৈখিক নয় অর্থাৎ, কিছু সময়ের জন্য ওহমের সূত্র মানলেও সর্বদা মেনে চলে না।

গ আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$
$$= \frac{75}{1+75}$$
$$= \frac{75}{76} = 0.9868 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 75$
প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = ?$

ঘ উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটি কমন ইমিটার সংযোগে আছে।

আমরা জানি,

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$
$$= \frac{0.2}{20 \times 10^{-3}}$$
$$= 10\ \Omega$$

এখানে,
বিবর্ধন পার্থক্যের পরিবর্তন,
$\Delta V = (1.15 - 0.95)$ V
$= 0.2$ V
বেস প্রবাহের পরিবর্তন,
$\Delta I = (30 - 10)$ mA
$= 20$ mA
গতীয় রোধ, $R = ?$

আবার ভোল্টেজ লাভ,

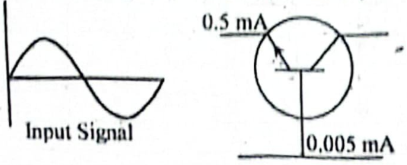
$$V_A = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{BE}}$$
$$= \frac{\Delta I_C \times R_L}{\Delta I_B \times R_i}$$
$$= \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right) \times \frac{R_L}{R_i} = \beta \times \frac{R_L}{R_i} \quad \left[\because \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right]$$
$$= 75 \times \frac{100}{10} = 75 \times 10$$
$$\therefore V_A = 750 > 1$$

এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 75$
লোড রোধ, $R_L = 100\ \Omega$
গতীয় রোধ, $R = R_i = 10\Omega$

সুতরাং, উদ্দীপকের ট্রানজিস্টর সংযোগটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে।

প্রশ্ন ▶ ৩১ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌ প্রশ্ন নং ৬

উদ্দীপকে একটি NPN ট্রানজিস্টর দেখানো হলো :



ক. তরঙ্গামুখ কী? ১

খ. যে লজিক গেটের দুটি ইনপুট একই হলে আউটপুট শূন্য হয় তা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ট্রানজিস্টরটির কারেন্ট বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চিত্রের ইনপুট সংকেতকে যদি বিবর্ধিত আকারে আউটপুটে দেখতে চাই তবে উদ্দীপকের কী ধরনের পরিবর্তন করতে হবে? বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

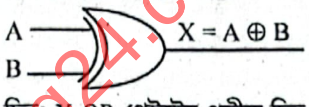
ক কোনো তরঙ্গের যে রেখা বা তল বরাবর সবগুলো কণা সমদশাসম্পন্ন তা-ই ঐ তরঙ্গের তরঙ্গ মুখ।

খ যে লজিক গেটের দুটি ইনপুট একই হলো আউটপুট শূন্য হয়, তা হল XOR লজিক গেট।

Exclusive-OR(XOR) গেট এমন এক ধরনের গেট যা এর ইনপুটে বিজোড় সংখ্যা আছে কিনা চিহ্নিত করে। XOR গেটের ইনপুটে বিজোড় সংখ্যক 1 হলে আউটপুট 1 হয় আর দুটি ইনপুট একই হলে আউটপুট শূন্য হয়।

XOR গেটের বুলিয়ান সমীকরণ

$$X = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$$



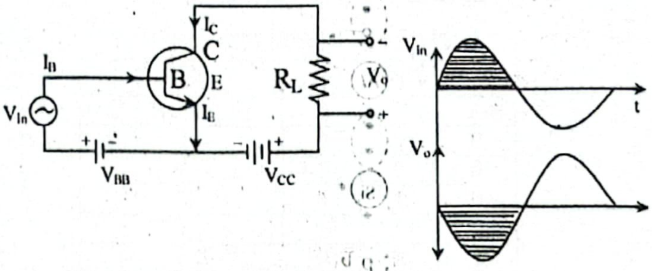
চিত্র: X-OR গেইটের প্রতীক চিত্র

X-OR গেটের ট্রুথ টেবিল

A	B	X = A ⊕ B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.99।

ঘ চিত্রে একটি npn ট্রানজিস্টর দেখানো হয়েছে। চিত্রের ইনপুট সংকেতকে বিবর্ধিত আকারে আউটপুটে দেখার জন্য ট্রানজিস্টরকে 2টি ব্যাটারির সাহায্যে নিম্নের মতো করে কমন ইমিটার বর্তনীর সংযোগ দিতে হবে।

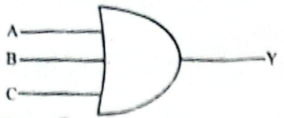


এখানে বেস ও ইমিটারের মাঝে ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় এবং কালেকটর ও ইমিটারের মধ্য থেকে আউটপুট নেয়া হয়। যেহেতু ইনপুট ও আউটপুট উভয় ক্ষেত্রে ইমিটার কমন, তাই এর নামকরণ কমন ইমিটার বিবর্ধক। এসি সিগন্যাল ভোল্টেজ ছাড়াও এখানে একটি ব্যাটারী (V_{BB}) ইনপুট সার্কিটে ব্যবহার করা হয় যাকে বায়াস ভোল্টেজ বলে। এর সাহায্যে ইমিটার বেস জাংশন সম্মুখী ঝোঁকে থাকে। কালেকটর ইমিটার জাংশনে V_{CC} ব্যাটারির মাধ্যমে বিমুখী ঝোঁক প্রদান করা হয়।

এভাবে সংযোগ প্রদানের মাধ্যমে ইনপুট সিগন্যালের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য আউটপুট বিবর্ধিত আকারে ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

অর্থাৎ উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরকে কমন ইমিটার বিন্যাসে সংযোগ করলে তা অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে কাজ করে ইনপুট সংকেতকে বিবর্ধিত করে আউটপুটে দেখাবে।

প্রশ্ন ▸ ৩২ সিলেট বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭



একটি লজিক গেইটের প্রতীক।

ক. ডোপিং কী? ১

খ. বাইনারি নম্বর পদ্ধতির প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের লজিক গেইটের আউটপুট 1 পেতে হলে A, B, C তে কী কী ইনপুট দিতে হবে? সত্যক সারণির মাধ্যমে বুঝিয়ে দাও। ৩

ঘ. উদ্দীপকের লজিক গেইটের সাথে একটি NOT গেইট যুক্ত করে সত্যক সারণির মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

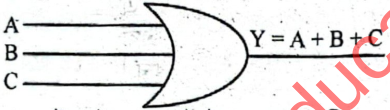
৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্জযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ বাইনারি নম্বর পদ্ধতির ভিত্তি বা বেস হল ২ কারণ এতে 0 এবং 1 এই দুটি মাত্র অঙ্ক ব্যবহৃত হয়।

বাইনারি নম্বর পদ্ধতির প্রয়োজনীয়তা অনেক। বাইনারি হল সরলতম গণনা পদ্ধতি। বাইনারি বা 2 ভিত্তিক পদ্ধতি কম্পিউটারের জন্য প্রযোজ্য। 0 এবং 1 কে বিভিন্নভাবে সাজিয়ে সকল সংখ্যাকে বাইনারি সংখ্যায় লেখা যায়। এই পদ্ধতির বিট দুটিকে সহজে ইলেকট্রনিক উপায়ে নির্দেশ করা সম্ভব। একটি হলো লজিক লেভেল 0 একে OFF, LOW, FALSE, NO বলা হয়। অন্যটি হলো লজিক লেভেল 1 একে ON, HIGH, TRUE বা YES বলা হয়। কম্পিউটার বা ইলেকট্রনিক যন্ত্র এই দুটি অবস্থা সহজেই অনুধাবন করতে পারে।

গ উদ্দীপকের লজিক গেইটটি হলো OR গেইট। OR গেইটে দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকে ও একটিমাত্র আউটপুট থাকে। আউটপুট হয় ইনপুট গুলোর যৌক্তিক যোগের সমান—

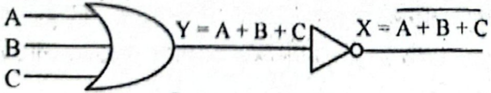


3 ইনপুট OR গেইটের সত্য সারণি

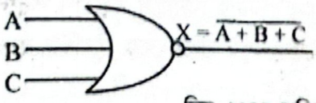
ইনপুট			আউটপুট
A	B	C	Y = A + B + C
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

সত্যক সারণি থেকে দেখা যায়, যখন 3টি ইনপুট 0, তখন আউটপুট 0। A, B, C এই 3টি ইনপুটের যেকোন একটি ইনপুট 1 হলেই আউটপুট Y = 1 হবে। সুতরাং, উদ্দীপকের লজিক গেইটের আউটপুট 1 পেতে হলে A, B, C এই 3টি ইনপুটের কমপক্ষে একটি ইনপুট 1 দিতে হবে।

ঘ উদ্দীপকের লজিক গেইটটি হল OR লজিক গেইট। এর সাথে একটি NOT গেইট যুক্ত করলে যে গেইটটি পাওয়া যায়, তা হল NOR লজিক গেইট।



চিত্র: NOR গেইটের সমতুল্য



চিত্র: NOR লজিক গেইট

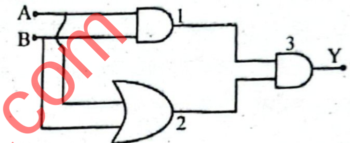
NOR গেইটের দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকে এবং একটিমাত্র আউটপুট থাকে। আউটপুট X এর সমীকরণ হল, $X = \overline{A+B+C}$ OR গেইট ও NOT গেইটের সত্যক সারণিকে একত্রিত করে NOR গেটের সত্যক সারণি পাওয়া যায়।

সারণি থেকে দেখা যায় OR গেইটের ক্ষেত্রে 1টি ইনপুট 1 হলেই যেমন আউটপুট 1 হয়, NOR গেইটের ক্ষেত্রে 1টি ইনপুট 1 হলেই আউটপুট 0। কেবল সকল ইনপুট 0 হলেই আউটপুট 1 হয়।

A	B	C	A + B + C	$X = \overline{A+B+C}$
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

চিত্র: NOR গেইটের সত্যক সারণি

প্রশ্ন ▸ ৩৩ বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭



ক. যুক্তি বর্তনী কী? ১

খ. p–n জংশন ডায়োডে বিমুখী ঝোঁক প্রদান করলে নিঃশেষিত স্তর বৃদ্ধি পায়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. সত্যক সারণির সাহায্যে Y এর মান দেখাও। ৩

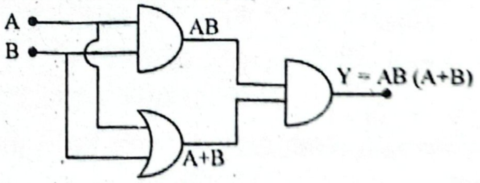
ঘ. ২নং গেইটকে XOR গেইট দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হলে Y এর মানের কোনো পরিবর্তন পরিলক্ষিত হবে কিনা, তা যাচাই করো। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে ডিজিটাল বর্তনী বুলিয়ান বীজগণিতের সমীকরণগুলোকে বাস্তবায়িত করে তাই লজিক গেট বা যুক্তি বর্তনী।

খ তড়িৎ উৎসের ঋণাত্মক ও ধনাত্মক প্রান্তকে যথাক্রমে জংশনের p ও n অঞ্চলের সাথে যুক্ত করা হলে তাকে বিমুখী ঝোঁক বলে। বিপরীত ঝোঁকে ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে p অঞ্চলের হোলগুলো এবং ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে n অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো জংশন হতে দূরে সরে যায়। এতে n অঞ্চল হতে কিছু ইলেকট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তে গমন করায় নিঃশোষিত অঞ্চলে ধনাত্মক আয়নের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং এর বিভব বৃদ্ধি পায়। আবার ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত হতে ইলেকট্রন এসে p অঞ্চলের কিছু হোলের সাথে যুক্ত হয়ে এদের ঋণাত্মক আয়নে পরিণত করে ফলে নিঃশোষিত অঞ্চলের বিভব হ্রাস পায়। অর্থাৎ বিমুখী ঝোঁকে জংশনের দুপাশের বিভব পার্থক্য বৃদ্ধি পায় এবং তদুপরি নিঃশোষিত অঞ্চল বা ডিপ্লেশন লেয়ারের বেধ বৃদ্ধি পায়।

গ উদ্দীপকের লজিক সার্কিটটি হলো:

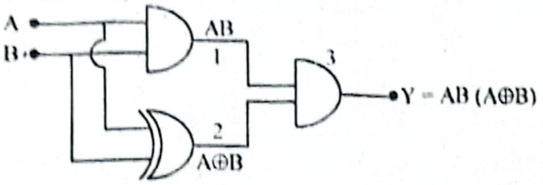


আউটপুট Y = AB (A + B) নিচে Y এর মান সত্যক সারণির সাহায্যে দেখানো হলো:

A	B	AB	A+B	Y = AB (A+B)
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
1	1	1	1	1

চিত্র: Y এর সত্যক সারণি

ঘ উদ্দীপকের ২নং এর অর গেইটকে XOR গেইট দিয়ে প্রতিস্থাপন করলে বর্তনীটি হবে:



দেখা যাচ্ছে,

আউটপুট $Y = AB(A \oplus B)$

$= AB(\bar{A}B + A\bar{B})$ $[\because A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}]$

$= AB.\bar{A}B + AB.A\bar{B}$

$= (A.\bar{A}).(B.B) + A.A(B.\bar{B})$

$= 0.B + A.0$ $[\because A.\bar{A} = 0$ এবং $A.A = 1]$

$= 0 + 0 = 0$

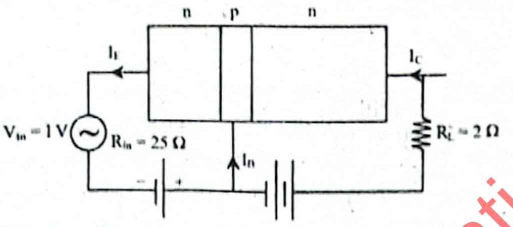
'গ' থেকে পাই, $Y = AB(A + B) = AB.A + A.B.B$

$= (A.A)B + A(B.B)$ $[\because A.A = 1]$

$= AB + AB = AB$

তাহলে দেখা যাচ্ছে, ২নং গেইটে OR গেইট থাকলে আউট Y = AB কিন্তু 2 নং গেইটে XOR গেইট দ্বারা প্রতিস্থান করলে আউটপুট Y = 0। অর্থাৎ পরবর্তী ক্ষেত্রে Y এর মানের পরিবর্তন পরিলক্ষিত হবে।

প্রশ্ন ▸৩৪ রাজশাহী বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৮



এখানে, $I_C = 35$ mA

ক. Break-down voltage কাকে বলে? ১

খ. n-ytpe অর্ধ-পরিবাহী ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত কিনা? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রদত্ত চিত্র থেকে I_B-এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চিত্র অনুসারে Output Signal-এর মান Input Signal-এর মান অপেক্ষা বেশি হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বিমুখী ঝোঁকে প্রযুক্ত ভোল্টেজের ন্যূনতম যে মানের জন্য p-n জাংশনের বিভব প্রাচীর বিলুপ্ত হয়ে উচ্চ মানের বিমুখী তড়িৎপ্রবাহ পাওয়া যায়, তাকে বিনাশী ভোল্টেজ বা Break down Voltage বলে।

খ n-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে দাতা পরমাণুর বহিঃস্তরে 5টি ইলেকট্রন থাকে। ফলে এটি তার চারপাশে সিলিকন বা অর্ধপরিবাহীর পরমাণুর সাথে চারটি সমযোজী বন্ধন গঠন করার পর 1টি ইলেকট্রন উদ্বৃত্ত থাকে যা উক্ত সিলিকন বা অর্ধপরিবাহীর কেলাসে মুক্তভাবে চলাচল করে ও পরিবাহীতা বাড়ায়। কিন্তু উক্ত কেলাসে মোট ইলেকট্রন ও মোট প্রোটন সংখ্যা সমান থাকে, যার কারণে কোনো নেট চার্জ কেলাসে প্রকাশ পায় না। এ কারণে n-টাইপ অর্ধপরিবাহী প্রকৃতপক্ষে চার্জ নিরপেক্ষ।

গ উদ্দীপকে নিঃসারক প্রবাহ I_E হলে;

$I_E = \frac{V_{in}}{R_{in}}$

$= \frac{1}{25}$

$= 0.04$ A $= 40$ mA

এখানে,
ইনপুট ভোল্টেজ, $V_{in} = 1$V
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 25\ \Omega$

আবার, পীঠ প্রবাহ I_B হলে,

$I_B = I_E - I_C$

$= 40 - 35$

$= 5$ mA **(Ans.)**

এখানে,
নিঃসরক প্রবাহ, $I_E = 40$ mA
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 35$ mA

ঘ উদ্দীপকে রোধ, R_L এ বিভব পতন-ই হবে আউটপুট সিগনাল। R_L এ বিভব পতন V_L হলে,

$V_L = I_C R_L$

$= 35 \times 10^{-3} \times 2$

$= 70 \times 10^{-3}$ V

$= 0.07$ V

এখানে,
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 35$ mA
$= 35 \times 10^{-3}$ A
ভার রোধ, $R_L = 2\ \Omega$

যা ইনপুট ভোল্টেজ, $V_{in} = 1$ V অপেক্ষা কম।
অর্থাৎ, চিত্রানুসারে Output signal, Input signal অপেক্ষা বেশি হবে না।

প্রশ্ন ▸৩৫ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৯ ❚ প্রশ্ন নং ৭

কোনো ট্রানজিস্টরের বেস কারেন্ট 105 μA এবং কালেক্টর কারেন্ট 2.05 mA। বেস কারেন্টের 2.7 μA পরিবর্তনের ফলে কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন হলো 0.65 mA।

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. অ্যামিটার এক প্রকার গ্যালভানোমিটার- ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. I_E এবং α এর মান বের কর। ৩

ঘ. বেস ও কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের ফলে β এর মান পূর্বের তুলনায় বৃদ্ধি পাবে কি না? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পরমাণুর বাইরের শক্তিস্তরে তিনটি বা পাঁচটি ইলেকট্রন রয়েছে এরূপ পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ গ্যালভানোমিটার খুবই সুবেদী হওয়ায় অল্প তড়িৎ প্রবাহেই এটি পুড়ে যায়। তাই একে অ্যামিটার হিসেবে ব্যবহার করতে চাইলে এর সাথে সমান্তরালে একটি রোধ তথা সান্ট ব্যবহার করা হয়। যেহেতু সান্টের রোধ খুবই কম তাই বর্তনীর তুল্য রোধের কোনো পরিবর্তন হয় না এবং মূল তড়িৎপ্রবাহ দুইভাগ হয়ে যাওয়ায় গ্যালভানোমিটারও পুড়ে যাওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়। পরবর্তীতে $I = \frac{G + S}{S} I_g$ সূত্র ব্যবহার করে তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় করা যায়। এখানে, G ও S যথাক্রমে গ্যালভানোমিটার ও সান্টের রোধ এবং I_g = গ্যালভানোমিটারে তড়িৎপ্রবাহ। অর্থাৎ, অ্যামিটার এক প্রকার গ্যালভানোমিটার।

গ আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C$

$= 0.105 + 2.05$

$= 2.155$ mA **(Ans.)**

আবার,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

$= \frac{2.05}{2.155} = 0.95$ **(Ans.)**

এখানে,
বেস কারেন্ট, $I_B = 105\ \mu A$
$= 0.105$ mA
কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 2.05$ mA
এমিটার কারেন্ট, $I_E = ?$
প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = ?$

ঘ আমরা জানি,

$\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$= \frac{2.05}{0.105}$

$= 19.52$

এখানে,
বেস কারেন্ট, $I_B = 105\ \mu A$
$= 0.105$ mA
কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 2.05$ mA

পরিবর্তনগুলো যদি ধনাত্মক হয়, অর্থাৎ I_B, I_C যদি বৃদ্ধি পায় তবে β নির্ণয়ে গাণিতিক বিশ্লেষণ নিম্নরূপ :

পরিবর্তিত বেস কারেন্ট, $I'_B = I_B + \Delta I_B = (105 + 2.7)\ \mu A$

$= 107.7\ \mu A$

$= 0.1077$ mA

পরিবর্তিত কালেক্টর কারেন্ট, $I'_C = I_C + \Delta I_C$

$= (2.05 + 0.65)$ mA $= 2.7$ mA

পরিবর্তিত অবস্থায়,

$$\beta' = \frac{I'_C}{I'_B} = \frac{2.7}{0.1077} = 25.07 > 19.52$$

অতএব, বেস ও কালেক্টর কারেন্ট উক্ত পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে β এর মান পূর্বের তুলনায় বৃদ্ধি পাবে।

আর, I_B, I_C যদি উল্লিখিত পরিমাণে হ্রাস পায়, তবে β নির্ণয়ে গাণিতিক বিশ্লেষণ নিম্নরূপ :

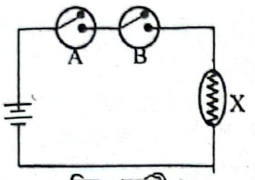
পরিবর্তিত বেস কারেন্ট, $I'_B = I_B - \Delta I_B = (105 - 2.7)\ \mu A$
$= 102.3\ \mu A = 0.1023\ mA$

পরিবর্তিত কালেক্টর কারেন্ট, $I_C' = I_C - \Delta I_C = (2.05 - 0.65)\ mA$
$= 1.4\ mA$

এমতাবস্থায়, $\beta' = \frac{I_C'}{I_B'} = \frac{1.4\ mA}{0.1023\ mA}$
$= 13.7 < 19.52$ (β এর আদি মান)

সুতরাং, গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে যে, β এর মান পূর্বের তুলনায় বৃদ্ধি পাবে কিনা, তা নির্ভর করে I_B, I_C -এর উক্ত পরিবর্তনগুলো ধনাত্মক না ঋণাত্মক তার ওপর। যদি ΔI_B ও ΔI_C ধনাত্মক হয়, তবে β বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▸৩৬ ঢাকা বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৫



চিত্র ঃ বর্তনী-১

P	Q	R
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

সত্যক সারণি

ক. কোয়ার্ক কী? ১
খ. বুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পায় কেন? ২
গ. বর্তনী-১ সত্যক সারণি লেখ। ৩
ঘ. উদ্দীপকে দেয়া সত্যক সারণির লজিক গেইটের আউটপুটে একটি NOT গেইট যুক্ত করলে কোনো লজিক গেইট তৈরি হবে কিনা তা চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোয়ার্ক হলো পদার্থের মৌলিক কণা ও মৌলিক প্রয়োজনীয় উপাদান যা দ্বারা পদার্থ (প্রোটন, নিউট্রন) গঠিত।

খ বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কোনো রূপ তাপের আদান প্রদান হয়না, তাই $dQ = 0$। সুতরাং, তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,

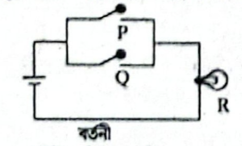
$$0 = U + W$$
$$\therefore \quad U = -W$$

অর্থাৎ, বুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় গ্যাস তার অন্তঃস্থ শক্তির বিনিময়ে কাজ করে। বুদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে সিস্টেম দ্বারা কাজ করা হয় বলে dW ধনাত্মক হয়। আর তাই, $dU = -dW$ সমীকরণ অনুসারে বুদ্ধতাপীয় প্রসারণে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পায়।

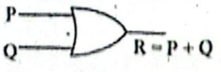
গ ১ নং বর্তনীটি একটি AND গেইটের। এর উভয় ইনপুট অথবা যেকোনো একটি ইনপুট 0 (শূন্য) হলেই আউটপুট 0 (শূন্য) হবে এবং কেবল মাত্র উভয় ইনপুট 1 হলেই আউটপুট 1 হবে। সুতরাং এর সত্যক সারণি হচ্ছে–

A	B	X
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

ঘ বুলিয়ান বীজগণিতের সাহায্যে লিখলে উদ্দীপকে প্রদত্ত সত্যক সারণিটি OR অপারেশনকে সমর্থন করে। কারণ P অথবা Q অথবা উভয়ই 1 হলে $R = 1$ হয়। অর্থাৎ $P + Q = R$। তাই প্রদত্ত সারণিটি OR গেইটের। নিচে এর বর্তনী ও প্রতীক দেয়া হল।

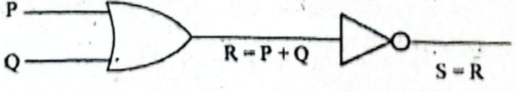


বর্তনী



প্রতীক

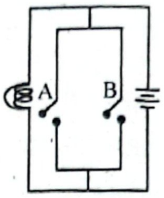
বর্তনীটির আউটপুটে একটি NOT গেইট যুক্ত করলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ



এটি একটি NOR গেইট। এর সত্যক সারণি হচ্ছে-

P	Q	R	S
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

প্রশ্ন ▸৩৭ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৩



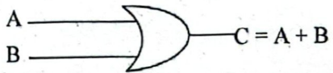
ক. বিনতি কী? ১
খ. হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতিতে সর্বোচ্চ চার বিট কেন দরকার হয়? ২
গ. উদ্দীপকের বর্তনীটি যে লজিক গেটের সমতুল্য তার চিত্র ও সত্যক সারণী দাও। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীতে কী পরিবর্তন করলে এমন একটি গেট পাওয়া যাবে যার দুটি ইনপুট লজিক সত্য হলে আউটপুট লজিক মিথ্যা হবে? চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্র অনুভূমিকের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে বিনতি বলে।

খ হেক্সাডেসিমেল সংখ্যাকে সমতুল্য বাইনারিতে রূপান্তরের জন্য হেক্সাডেসিমেল সংখ্যার প্রতিটি ডিজিটকে আলাদাভাবে চার বিটের বাইনারি গ্রুপে রূপান্তরিত করা হয় এবং প্রাপ্ত গ্রুপগুলোকে পরপর সাজালে উক্ত হেক্সাডেসিমেল সংখ্যার সমতুল্য বাইনারি সংখ্যা পাওয়া যায়। এ কারণে হেক্সাডেসিমেল সংখ্যাপদ্ধতিতে সর্বোচ্চ চার বিট দরকার হয়।

গ উদ্দীপকের বর্তনীটি অর-গেইট (OR-gate) এর সমতুল্য। এই গেইটের চিত্রটি নিম্নরূপ:



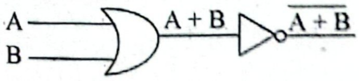
(OR-gate) এর সত্যক সারণি

ইনপুট		আউটপুট
A	B	C = A + B
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীর আউটপুটের সাথে একটি নট গেইট (NOT-gate) যুক্ত করলে এমন একটি গেইট পাওয়া যাবে যার দুটি ইনপুট লজিক সত্য হলে আউটপুট লজিক মিথ্যা হবে। এই ধরনের গেইটকে নর (NOR) গেইট বলে।

অর্থাৎ, OR gate + NOT gate = NOR gate.

নিচে এর প্রতীক ও কার্যক্রম সত্যক সারণীর মাধ্যমে দেখানো হলো :



চিত্র: NOR gate

সত্যক সারণি

ইনপুট		OR	আউটপুট
A	B	A + B	$C = \overline{A + B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

প্রশ্ন ▶ ৩৮ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল । প্রশ্ন নং ৮

একটি n-p-n সাধারণ ভূমি ট্রানজিস্টরে নিঃসারক প্রবাহ 0.5 mA, ভূমি প্রবাহ 25 μA ও লোড রোধ 3000 Ω

ক. ডোপিং কী? ১

খ. "NAND গেইট সার্বজনীন গেইট"। ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আউটপুট ক্ষমতা 5W পাওয়ার জন্য নিঃসারক প্রবাহ কত হতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

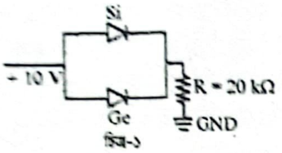
ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ NAND গেইট ব্যবহার করে অন্য সকল মৌলিক গেইট তৈরি করা সম্ভব। অর্থাৎ, শুধু NAND গেইট ব্যবহার করে দুই বা ততোধিক ইনপুট এর AND, OR, NOT মৌলিক অপারেশনগুলো করা সম্ভব। তাই NAND গেইট সার্বজনীন গেইট।

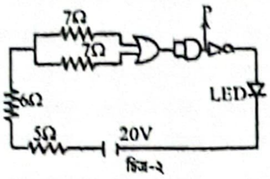
গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.95।

ঘ ১৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** আউটপুট ক্ষমতা 5 W পাওয়ার জন্য নিঃসারক প্রবাহ 42.95 mA হতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ৩৯ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৮



চিত্র-১



চিত্র-২

একজন শিক্ষার্থী দুটি বর্তনী ডিজাইন করার জন্য বিশুদ্ধ Si ও Ge এর দুটি অর্ধপরিবাহী নিয়ে চিত্র-১ ও চিত্র-২ এর মতো করে সাজালো। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীদ্বয়ের নী-ভোল্টেজ যথাক্রমে 0.7 V ও 0.3V।

◀ অধ্যায়-৩ ও ১০-এর সমন্বয়ে

ক. জেনার ডায়োড কাকে বলে? ১

খ. উচ্চ তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্র-১ প্রবাহ দুটির মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. চিত্র-২ এর LED যন্ত্রটি জ্বলবে কি? লজিক গেটের সমীকরণ অনুসারে P বিন্দুতে প্রবাহ উল্লেখ করে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বিশেষ ধরনের ডায়োড বিপরীত বায়াসে একটি নির্দিষ্ট ভোল্টেজের পর তড়িৎ প্রবাহিত হতে দেয় এবং ভোল্টেজ নিয়ন্ত্রণ ও সুরক্ষা প্রদান করে, তাকে জেনার ডায়োড বলে।

খ অর্ধপরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড অর্ধপূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেকট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়। এজন্য উচ্চ তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে।

গ

Si এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ

$$I_{Si} = \frac{\text{বিভব পার্থক্য}}{\text{রোধ}}$$

$$= \frac{10 - 0.7}{20 \times 10^3} = 4.65 \times 10^{-4}\ \text{A}$$

$= 0.465$ mA **(Ans.)**

Ge এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_{Ge} = \frac{\text{বিভব পার্থক্য}}{\text{রোধ}} = \frac{10 - 0.3}{20 \times 10^3} = 4.85 \times 10^{-4}\ \text{A} = 0.485\ \text{mA}\ \textbf{(Ans.)}$$

এখানে,
Si এর নী-ভোল্টেজ 0.7 V
Ge এর নী-ভোল্টেজ 0.3 V
রোধ, $R = 20\ \text{k}\Omega = 20 \times 10^3\ \Omega$

ঘ R_3 ও R_4 এর সমান্তরাল সমবায় R_1 ও R_2 এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত।

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + (R_3 \parallel R_4)$$

$$= 5 + 6\left(\frac{1}{7} + \frac{1}{7}\right)^{-1}$$

$$= 11 + 3.5$$

$$= 14.5\ \Omega$$

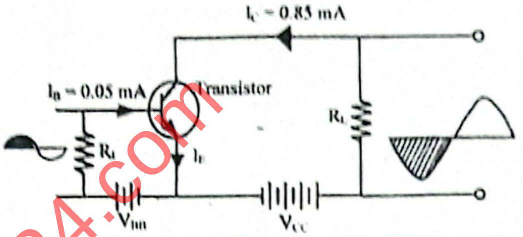
এখানে,
রোধ, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 6\ \Omega$
$R_3 = 7\ \Omega$, $R_4 = 7$
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 20$ V
Si এর নী ভোল্টেজ, $E_k = 0.7$ V
ধরি, LED তে Si আছে।

বর্তনীতে মোট প্রবাহ, $I = \frac{E - E_K}{R_{eq}} = \frac{20 - 0.7}{14.5} = 1.33$ A

লজিক গেটগুলোতে খুবই সামান্য পরিমাণ বিভব পতন হবে যেগুলি আমরা উপেক্ষা করতে পারি। LED Si এর তৈরি হলে

P বিন্দুর বিভব 0.7 V; যা Low ভোল্টেজ (0V – 0.8V কে লজিক 0 ধরা হয় এবং (+ 2V) – (+5V) কে লজিক 1 ধরা হয়) নির্দেশ করে। P বিন্দুর পর একটি Not gate আছে। এটি এই Low ভোল্টেজকে High ভোল্টেজে রূপান্তরিত করবে। তাই LED জ্বলবে।

প্রশ্ন ▶ ৪০ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭



ক. উদ্দীপকের বর্তনীতে কী ধরনের ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়েছে? ১

খ. p – n জাংশনে সম্মুখী ঝোঁক ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীর প্রবাহ বিবর্ধক গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উপরোক্ত ট্রানজিস্টরটি সুইচ হিসেবে কীভাবে ব্যবহার করবে? সচিত্র বর্তনী এঁকে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

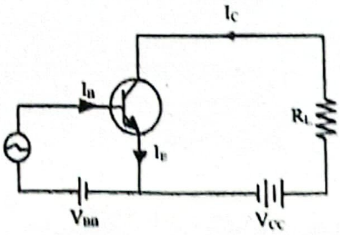
ক উদ্দীপকের বর্তনীতে সাধারণ নিঃসারক npn ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়েছে।

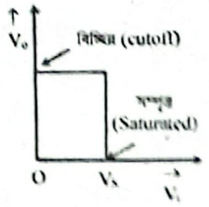
খ p–n জাংশনে যদি বহিঃস্থ ভোল্টেজ এমনভাবে প্রয়োগ করা হয় যেখানে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত p টাইপ বস্তুর সাথে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত থাকে, তবে তাকে সম্মুখী ঝোঁক বলে। এই ঝোঁকে p–n জাংশন ও বহিঃস্থ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চলে। এই প্রবাহকে সম্মুখী প্রবাহ বলে। এই ঝোঁকে n টাইপ বস্তু থেকে ইলেকট্রন জাংশন পার হয়ে p টাইপ এ যায় এবং হোল জাংশন পার হয়ে n টাইপ বস্তুতে যায়।

গ ১৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.944।

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর:





$V_i = 0$ হলে, $V_o = V_s$ ট্রানজিস্টর কাটঅফ বা সুইচ অফ। $V_i \geq V_s$– ট্রানজিস্টর সম্পৃক্ত বা সুইচ অন।

প্রশ্ন ▶ ৪১ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ । প্রশ্ন নং ৪

একটি ট্রানজিস্টরের পীঠ প্রবাহ 105 μA এবং সংগ্রাহক প্রবাহ 2.05 mA। ভূমি প্রবাহের 2.7 μA পরিবর্তনে সংগ্রাহক প্রবাহ 0.65 mA পরিবর্তিত হয়।

ক. 1 রাদারফোর্ড কী? ১

খ. n-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর কি ঋণাত্মক আধানে আহিত? ২

গ. I_E ও α এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ভূমি প্রবাহ ও সংগ্রাহক প্রবাহ পরিবর্তন করার পর β এর মান কি বৃদ্ধি পাবে? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

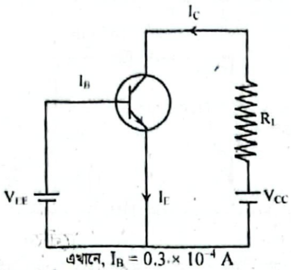
ক প্রতি সেকেন্ডে 10^6 সংখ্যক তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ই 1 (এক) রাদারফোর্ড।

খ n-টাইপ সেমিকন্ডাক্টরে দাতা পরমাণুর বহিঃস্তরে পাঁচটি ইলেকট্রন থাকে। ফলে এটি তার চারপাশে সিলিকন বা সেমিকন্ডাক্টরের পরমাণুর সাথে চারটি সমযোজী বন্ধন গঠন করার পর একটি ইলেকট্রন উদ্বৃত্ত থাকে যা উক্ত সিলিকন বা সেমিকন্ডাক্টরের কেলাসে মুক্তভাবে চলাচল করে ও পরিবাহীতা বাড়ায়। কিন্তু উক্ত কেলাসে মোট ইলেকট্রন ও মোট প্রোটন সংখ্যা সমান থাকে, যার কারণে কোনো নেট চার্জ কেলাসে প্রকাশ পায় না। এ কারণে n-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর প্রকৃতপক্ষে চার্জ নিরপেক্ষ।

গ ৩৫(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩৫(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৪২ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ ▌প্রশ্ন নং ৮



এখানে, $I_B = 0.3 \times 10^{-4}$ A

এবং $I_E = 3 \times 10^{-4}$A

ক. P – N জাংশনে সম্মুখী প্রবাহ কী? ১

খ. দাতা ও গ্রহীতার লেভেল একে অপরের বিপরীত কেন? ২

গ. প্রবাহ লাভ β নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি $V_{CC} = 20$ V এবং এর রোধ, $R_L = 1000\ \Omega$ হয় তবে নিঃসারক ও সংগ্রাহকের মধ্যে বিভব পতন $V_{CE} = 10.2$ V হবে যুক্তিসহ তোমার মতামত দাও। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক P–N জংশনে সম্মুখী ঝোঁক বা বায়াসের মধ্যে দিয়ে যে প্রবাহ চলে, তাই সম্মুখী প্রবাহ।

খ p টাইপ বস্তুর ক্ষেত্রে সিলিকনের সাথে ত্রিযোজী মৌল যেমন অ্যালুমিনিয়াম মেশানো হলে এতে ইলেকট্রন ঘাটতি থাকায় হোলের সৃষ্টি হয়। তাই এটি অন্য সিলিকন থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে। এজন্য অ্যালুমিনিয়ামকে গ্রহীতা পরমাণু বলে। আবার, n টাইপ অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে সিলিকনের সাথে পঞ্চযোজী মৌল-যেমন আর্সেনিক মেশানো হলে এতে অতিরিক্ত ইলেকট্রন থাকায় সিলিকনকে ইলেকট্রন দেয়; তাই একে (আর্সেনিক) দাতা পরমাণু বলে। এজন্য দাতা ও গ্রহীতা পরমাণুর লেভেল একে অপরের বিপরীত হয়।

গ আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C$

বা, $I_C = I_E - I_B$

$= 3 \times 10^{-4} - 0.3 \times 10^{-4}$

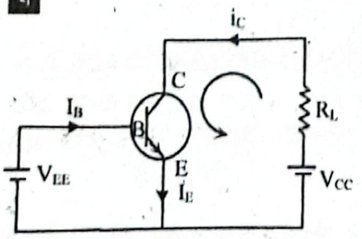
$= 2.7 \times 10^{-4}$ A

আবার,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{2.7 \times 10^{-4}}{0.3 \times 10^{-4}} = 9 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 0.3 \times 10^{-4}$A
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 3 \times 10^{-4}$A
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = ?$
প্রবাহ লাভ, $\beta = ?$

ঘ



এখানে,
ভূমি প্রবাহ, $I_B = 0.3 \times 10^{-4}$ A
নিঃসারক প্রবাহ,
$I_E = 3 \times 10^{-4}$ A
সংগ্রাহক প্রবাহ,
$I_C = 2.7 \times 10^{-4}$A ('গ' হতে)
লোড রোধ, $R_L = 1000\ \Omega$
$V_{CC} = 20$ V

সংগ্রাহক-নিঃসারক লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-V_{CC} + I_C R_L + V_{CE} = 0$

বা, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L = 20 - 2.7 \times 10^{-4} \times 1000 = 19.73$ V

দেখা যাচ্ছে, $V_{CE} = 19.73\text{ V} \neq 10.2\text{V}$

অর্থাৎ, যদি $V_{CC} = 20$ V এবং এর রোধ $R_L = 1000\ \Omega$ হয়, তবে নিঃসারক ও সংগ্রাহকের মধ্যে বিভব পতন $V_{CE} = 10.2$ V হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৩ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮

সাধারণ নিঃসারক ট্রানজিস্টর সংযোগে 0.95 V ও 1.15 V বিভব প্রয়োগ করলে যথাক্রমে 15 mA ও 35 mA বেস প্রবাহ পাওয়া যায়। ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ $\beta = 80$ এবং লোড রোধ 95 Ω.

ক. ডোপিং কী? ১

খ. pn জাংশনকে রেকটিফায়ার বলা হয় কেন? ব্যাখ্যা দাও। ২

গ. ট্রানজিস্টারটির প্রবাহ বিবর্ধকগুণক α নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টর সংযোগটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর সাথে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ যে যান্ত্রিক ব্যবস্থার সাহায্যে পর্যাবৃত্ত (এসি) তড়িৎ প্রবাহকে একমুখী (ডিসি) তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তর করা হয়, তাকে রেকটিফায়ার বলে।

আমরা জানি, pn জাংশন ডায়োডকে বর্তনীতে সংযোগের ক্ষেত্রে সম্মুখী ঝোঁকে এর মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ হয় কিন্তু বিমুখী ঝোঁকে এর মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহিত হয় না। pn জাংশন ব্যবহার করে কেবল একমুখী তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। তাই pn জাংশনকে রেকটিফায়ার বলা হয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 0.98765।

ঘ ট্রানজিস্টরের গতীয় রোধ R_P হলে,

$$R_P = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.20}{0.02} = 10\Omega$$

ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন,

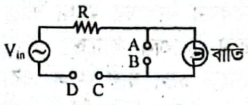
$$A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_P} = 80 \times \frac{95}{10}$$

$\therefore A_V = 760$,

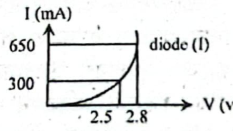
এখানে,
বিভবের পরিবর্তন
$\Delta V = (1.15 - 0.95) = 0.20$V
বেস প্রবাহের পরিবর্তন,
$\Delta I = (35 - 15) = 20$ mA
$= 0.02$ A
লোড রোধ, $R_L = 95\ \Omega$
ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ, $\beta = 80$

যেহেতু, $A_V > 1$, বলা যায়, উদ্দীপকের ট্রানজিস্টর সংযোগটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে।

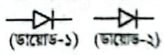
প্রশ্ন ▶ ৪৪ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮



চিত্র-১



চিত্র-২ (প্রথম ডায়োডের I-V লেখচিত্র)



চিত্র-৩

ক. বায়াস ভোল্টেজ কাকে বলে? ১

খ. কমন এমিটার বিবর্ধক বর্তনীতে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক স্থির থাকলে এর বিবর্ধন ক্ষমতা বর্তনীর ইনপুট ও আউটপুট রোধের সাথে কীভাবে সম্পর্কযুক্ত?– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ডায়োড ১ এর গতীয় রোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. চিত্র-৩ এর দুটি ডায়োডকেই AB ও DC স্থানে কীভাবে স্থাপন করা হলে বাতিটি পর্যায়ক্রমে জ্বলবে এবং নিভবে?– সঠিক বর্তনী চিত্র অংকন করে প্রবাহ পথ নির্দেশ করে তোমার যুক্তি প্রকাশ কর। ৪

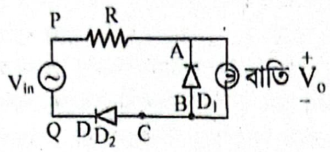
৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

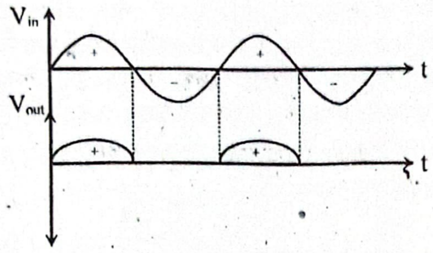
ক ইলেকট্রনিক সার্কিটে ডায়োড বা ট্রানজিস্টরের অপারেশন নিয়ন্ত্রণের জন্য যে ডিসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়, তাকে বায়াস ভোল্টেজ বলে।

খ আমরা জানি, কমন এমিটার বিবর্ধক বর্তনীর প্রবাহ লাভ β ও প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α হলে, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$। তাই এর ক্ষমতা লাভ, $P_A = \beta^2 \times \frac{R_L}{R_i}$ বা, $P_A = \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^2 \times \frac{R_L}{R_i}$। α ধ্রুব থাকলে, $P_A \propto R_L$ এবং $P_A \propto \frac{1}{R_i}$। অর্থাৎ, প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α ধ্রুব থাকলে, এর বিবর্ধন ক্ষমতা বর্তনীর ইনপুট রোধ (R_i) এর সাথে ব্যস্তানুপাতে এবং আউটপুট রোধ (R_L) এর সাথে সমানুপাতে সম্পর্কযুক্ত।

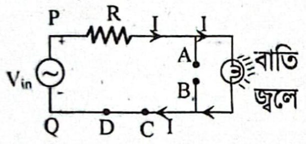
গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.857 Ω।

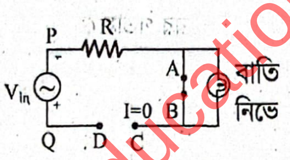
ঘ চিত্র-৩ এর দুটি ডায়োডকেই চিত্র-১ এর AB এবং DC স্থানে নিম্নের উপায়ে স্থাপন করা হলে, বাতিটি পর্যায়ক্রমে জ্বলবে ও নিভবে।





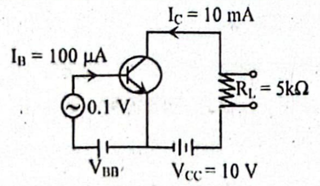
ইনপুট সিগন্যাল V_{in} এর ধনাত্মক অর্ধচক্রের ক্ষেত্রে, P প্রান্ত (+) ও Q প্রান্ত (–) হয়। ফলে, A ও B এর মাঝে ডায়োড D_1 বিমুখী ঝোঁক ও C ও D এর মাঝের ডায়োড D_2 সম্মুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হয়। ফলে বাতির মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়ে এটি জ্বলে উঠে।





কিন্তু ইনপুট সিগন্যালের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের ক্ষেত্রে, P প্রান্ত (–) ও Q প্রান্ত (+) হয়। ফলে A ও B এর মাঝের ডায়োড D_1 সম্মুখী ঝোঁক ও C ও D এর মাঝের ডায়োড D_2 বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হয়। ফলে বাতির মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ হবে না ও বাতিটি জ্বলবে না।

প্রশ্ন ▶ ৪৫ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৬



উদ্দীপকে একটি কমন এমিটার npn বর্তনী দেখানো হল।

ক. দ্বৈত প্রতিসারক কেলাস কাকে বলে? ১

খ. শব্দ তরঙ্গের অপবর্তন সহজেই অনুভব করা যায়, কিন্তু আলোক তরঙ্গের অপবর্তন সহজে দৃষ্টিগোচর হয় না কেন? ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীর সংগ্রাহক নিঃসারক বিভব নির্ণয় কর। ৩

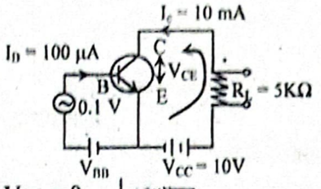
ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টারটিকে বর্তনীতে সাধারণ পীঠ বিন্যাসে সংযুক্ত করলে ক্ষমতা লাভ কতগুণ হয় গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে নির্ণয় কর। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এমন কতগুলো কেলাস আছে যাদের মধ্যদিয়ে আলোক রশ্মি গমন করলে এটি দুটি প্রতিসৃত রশ্মিতে বিভক্ত হয়, এদের দ্বৈত প্রতিসারক কেলাস বলে।

খ আমরা জানি, দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লা 400 nm থেকে 700 nm অর্থাৎ, খুবই ছোট এবং শ্রুতিগোচর শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য যথেষ্ট দীর্ঘ (প্রায় 1.6 cm থেকে 16 m পর্যন্ত) হয়। কোনো তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য যত বেশি হয়, এর অপবর্তনের মাত্রা অর্থাৎ বেঁকে যাওয়ার পরিমাণ তত বৃদ্ধি পায়। তাই শব্দ তরঙ্গের অপবর্তন সহজেই অনুভব করা যায়, কিন্তু আলোক তরঙ্গের অপবর্তন সহজে দৃষ্টিগোচর হয় না।

গ উদ্দীপকের বর্তনীর কালেক্টর ইমিটার লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,



$-V_{CC} + I_C R_L + V_{CE} = 0$
বা, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L$
$= 10 - 10 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^3$
$= -40$ V (Ans.)

এখানে,
ভোল্টেজ, $V_{CC} = 10$ V
লোড রোধ, $R_L = 5\ k\Omega = 5 \times 10^3 \Omega$
সংগ্রাহক প্রবাহ,
$I_C = 10\ mA = 10 \times 10^{-3}$ A
সংগ্রাহক-নিঃসারক বিভব,
$V_{CE} = ?$

ঘ উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের গতীয় রোধ বা ইনপুট রোধ R_D হলে,

$R_D = \frac{V_{in}}{I_B} = \frac{0.1}{10^{-4}} = 1000\ \Omega$

প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{0.01}{10^{-4}}$
$= 100$

উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের কমন ইমিটার সংযোগে ক্ষমতা লাভ,

এখানে,
ইনপুট ভোল্টেজ, $V_{in} = 0.1$ V
ভূমি প্রবাহ, $I_B = 100\ \mu A$
$= 100 \times 10^{-6}\ A = 10^{-4}$ A
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 10$ mA
$= 100 \times 10^{-6} = 0.01$ A
লোড রোধ, $R_L = 5\ k\Omega = 5000\ \Omega$

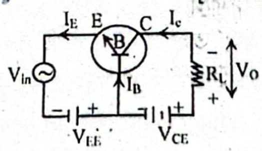
$$P_A = \beta^2 \times \frac{R_L}{R_D} = (100)^2 \times \frac{5000}{1000} = 5 \times 10^4$$

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α হলে,

$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{100}{1+100} = 0.99$। ট্রানজিস্টরটি একই থাকায় এর α ও β এর মান একই থাকবে।

উদ্দীপকের ট্রানজিস্টর বর্তনীকে সাধারণ পীঠ বিন্যাসে যুক্ত করলে এর ইনপুট সিগন্যাল (অন্তর্গামী ক্ষমতা), $P_{in} = I_E^2 R_D$ ... (1)

[∵ গতীয় রোধ একই থাকবে]



এবং বহির্গামী রোধের ক্ষমতা,

$P_{out} = I_C^2 R_L$ ... (2)

$$\therefore \text{ক্ষমতা লাভ, } P_A' = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{I_C^2 R_L}{I_E^2 R_D} = \left(\frac{I_C}{I_E}\right)^2 \times \frac{R_L}{R_D}$$

$$= \alpha^2 \frac{R_L}{R_D}$$

$$= (0.99)^2 \times \frac{5000}{1000}$$

$$= 4.9$$

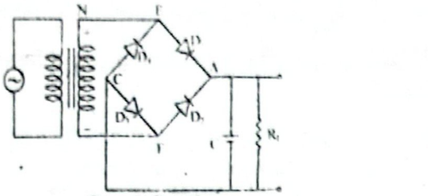
দেখা যাচ্ছে, $P_A' < P_A$ এবং $\frac{P_A'}{P_A} = \frac{4.9}{5 \times 10^4} = 9.8 \times 10^{-5}$

বা, $P_A' = 9.8 \times 10^{-5} P_A$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরকে সাধারণ পীঠ বিন্যাসে সংযুক্ত করায় ক্ষমতা লাভ পূর্বের 9.8×10^{-5} গুণ হয়।

প্রশ্ন ▶ ৪৬ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা ❙ প্রশ্ন নং ৭

বাসার স্বাভাবিক তাপমাত্রার ২ লিটার পানিকে 1500 Watt ক্ষমতার একটি বৈদ্যুতিক কেটলীতে 7 min এ ফুটানো হলো। পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 $Jkg^{-1}K^{-1}$.



চিত্র: রেকটিফায়ার

◀ অধ্যায়-১ ও ১০ এর সমন্বয়ে

ক. পয়েন্টিং ভেক্টর কী? ১

খ. হাইগেনসের নীতি অপবর্তন সমর্থন করে কিনা– ব্যাখ্যা কর। ২

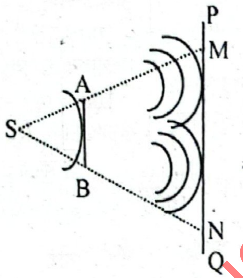
গ. উদ্দীপক অনুসারে ঐ দিনের কক্ষ তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বহির্গামী চিত্রসহ একমুখীকারক হিসেবে ডায়োড D_1, D_2, D_3 ও D_4 এর ভূমিকা ব্যাখ্যা কর। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তাড়িতচৌম্বকীয় তরঙ্গ এর গতিপথের সাথে লম্ব একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ শক্তি সঞ্চালিত করে, ঐ শক্তির মান ও তার প্রবাহের দিকই হলো পয়েটিং ভেক্টর।

খ কোনো প্রতিবন্ধকের ধার ঘেঁষে বা সরু চিরের মধ্যদিয়ে যাওয়ার সময় জ্যামিতিক ছায়া অঞ্চলের মধ্যে আলোর বেঁকে যাওয়ার ঘটনাকে অপবর্তন বলে।



ধরি, চিত্রে S আলোক উৎসের সামনে AB প্রতিবন্ধকের পেছনে PQ পর্দায় AB এর ছায়া MN গঠিত হয় যেখানে M বিন্দুর নিচে এবং N বিন্দুর উপরেও অল্প আলোর অনুপ্রবেশ ঘটে বা অপবর্তন হয়। এর কারণ হলো S উৎস থেকে গোলীয় তরঙ্গমুখ AB প্রতিবন্ধকে উপস্থিত হলে হাইগেনসের নীতি অনুযায়ী প্রতিটি তরঙ্গমুখের উপর অবস্থিত কণা গৌণ তরঙ্গমুখের উৎস রূপে ক্রিয়া করে। যার জন্য A ও B এর নিকটবর্তী অঞ্চল থেকে কিছু কিছু গৌণ তরঙ্গ MN ছায়া অঞ্চলে প্রবেশ করে অপবর্তন ঘটায়। অর্থাৎ, হাইগেনসের নীতি অপবর্তন সমর্থন করে।

গ ঐ দিনের কক্ষতাপমাত্রা θ°C হলে, পানির গৃহীত তাপ

$Q = ms\Delta\theta = ms(100 - \theta)$ [∵ ফুটানো পানির শেষ তাপমাত্রা 100°C]

আমরা জানি,

ব্যয়িত তড়িৎশক্তি = গৃহীত তাপশক্তি

বা, $Pt = ms\Delta\theta$

বা, $Pt = ms(100 - \theta)$

বা, $100 - \theta = \frac{Pt}{ms}$

বা, $\theta = 100 - \frac{Pt}{ms}$

$= 100 - \frac{1500 \times 420}{2 \times 4200} = 25°C$ **(Ans.)**

এখানে,

2L পানির ভর, $m = 2\ kg$

ক্ষমতা, $P = 1500\ W$

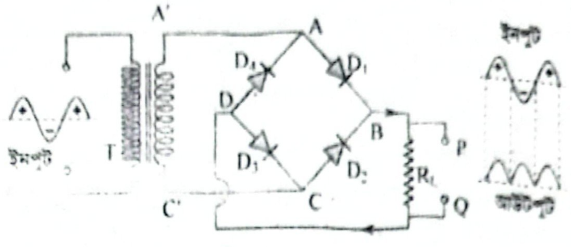
সময়, $t = 7\ min = (7 \times 60)\ s$

$= 420\ s$

পানির আপেক্ষিক তাপ,

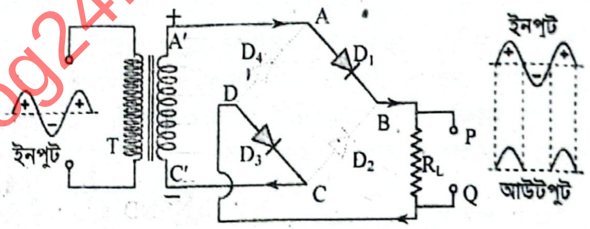
$s = 4200\ Jkg^{-1}K^{-1}$

ঘ এখানে চারটি ডায়োড ব্যবহার করে ব্রিজ রেকটিফায়ার আলোচনা করা হলো। ১ নং চিত্রে ব্রিজ রেকটিফায়ার বর্তনী দেখানো হয়েছে। চারটি ডায়োড D_1, D_2, D_3 ও D_4 চিত্রানুরূপ ABCD চতুর্ভুজ আকারে যুক্ত করা হয়। A ও C বিন্দুকে একটি ট্রান্সফরমারের গৌণ কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের সাথে এবং B ও D বিন্দুকে একটি ভার রোধ R_L-এর সাথে যুক্ত করা হয়।

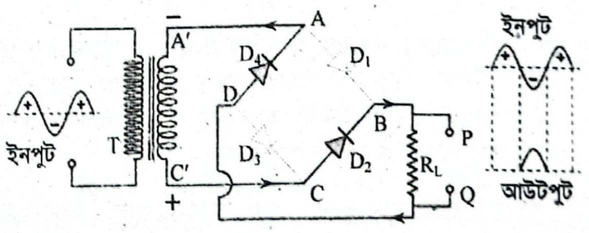


চিত্র-১

এখন, ট্রান্সফরমারের মুখ্য কুণ্ডলীকে AC উৎসের সাথে যুক্ত করা হলে তা গৌণ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট হয়। দিকপরিবর্তী প্রবাহের ধনাত্মক অর্ধ চক্রের জন্য A প্রান্ত ধনাত্মক এবং C প্রান্ত ঋণাত্মক হয়, এতে D_1 ও D_3 সম্মুখী বায়াসে থাকে। এ সময় $ABR_LDCC'A'A$ পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয় (চিত্র-২)। কিন্তু D_2 ও D_4 বিমুখী বায়াসে থাকায় এদের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ চলে না। আবার, দিকপরিবর্তী প্রবাহের ঋণাত্মক অর্ধ চক্রের জন্য A প্রান্ত ঋণাত্মক এবং C প্রান্ত ধনাত্মক হয়, এতে D_2 ও D_4 সম্মুখী বায়াসে থাকে। এ সময় $CBR_LDAA'C'C$ পথে তড়িৎ প্রবাহিত হয় (চিত্র-৩)। কিন্তু D_1 ও D_3 বিমুখী বায়াসে থাকায় এদের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ চলে না। সুতরাং, দেখা যাচ্ছে যে, ইনপুটে প্রযুক্ত দিকপরিবর্তী প্রবাহের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় চক্রের জন্যই ভার রোধ R_L-এর মধ্য দিয়ে একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, অর্থাৎ R_L-এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ সর্বদা একমুখী।



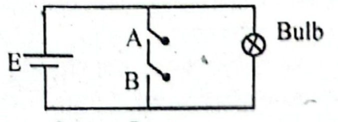
চিত্র-২



চিত্র-৩

চিত্র-২ ও চিত্র-৩ হতে আমরা বুঝতে পারছি যে ডায়োড D_1, D_2, D_3 ও D_4 মূলত দিকপরিবর্তী প্রবাহের উভয় অর্ধচক্রের জন্য R_L-এর বিদ্যুৎ প্রবাহ বজায় রাখতে ভূমিকা পালন করে।

প্রশ্ন ▶ ৪৭ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা ❙ প্রশ্ন নং ৫



ক. কাল দীর্ঘায়ন কী? ১

খ. একটি ডায়োড কীভাবে সুইচ হিসেবে আচরণ করে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. চিত্রে প্রদত্ত তড়িৎ বর্তনীটি নির্দেশিত লজিক গেইটটির প্রতীক এবং সত্যক সারণী আঁক। ৩

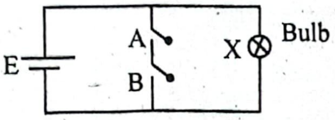
ঘ. প্রদত্ত লজিক গেটটি সার্বজনীন গেট কিনা তা প্রয়োজনীয় চিত্রসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

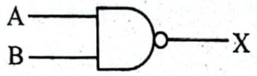
ক পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল থাকার কারণে কাল বা সময় সম্প্রসারিত হওয়াকেই কাল দীর্ঘায়ন।

খ যখন ট্রানজিস্টরের বেসে কোনো সংকেত বা ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়, তখন এটি এমিটার থেকে কালেক্টরে প্রবাহিত হওয়া কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করে। বেসে যথেষ্ট পরিমান ভোল্টেজ দিলে ট্রানজিস্টরটি সম্পূর্ণভাবে চালু হয়ে যায়, ফলে এটি একটি বন্ধ বর্তনীর মতো আচরণ করে এবং বিদ্যুৎ সহজে প্রবাহিত হয়। বিপরীতে, যদি বেসে কোনো ভোল্টেজ না থাকে বা খুব কম থাকে, তবে ট্রানজিস্টরটি কাট অফ অবস্থায় চলে যায় এবং বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে না, যা একটি খোলা বর্তনীয় মতো কাজ করে। এইভাবে ট্রানজিস্টর একটি বৈদ্যুতিক সুইচের মতো কাজ করে।

গ



চিত্রের বর্তনীতে, যদি A অথবা B এর দুইটির যে কোন একটি অথবা দুইটিই খোলা থাকে তবে X এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ যায়। অর্থাৎ, A = 0 অথবা B = 0 হলে, X = 1 কিন্তু A ও B দুইটিই যদি বন্ধ থাকে, তবে বর্তনীতে উক্ত পথে শর্ট সার্কিট হয়ে যায় এবং X এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না। ফলে, A = 1 ও B = 1 হলে, X = 0 এটি NAND লজিক গেইটের সমতুল্য। NAND লজিক গেইটের প্রতীক নিম্নরূপ:

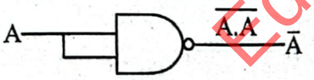


NAND গেইটের সত্যক সারণি নিম্নরূপ–

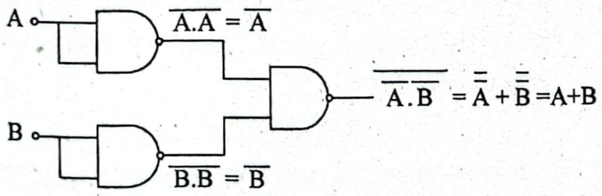
A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ঘ 'গ' হতে পাই প্রদত্ত লজিক গেটটি হলো NAND গেট। এটি একটি সার্বজনীন গেট। কারণ এটি দিয়ে অন্যান্য সব গেট বাস্তবায়ন করা যায়।

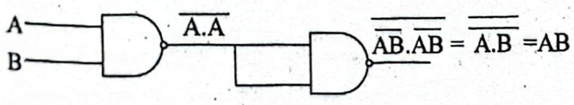
NAND গেট দিয়ে NOT গেট বাস্তবায়ন:


A
$\overline{A.A}$
$\bar{A}$

NAND গেট দিয়ে OR গেট বাস্তবায়ন


A
$\overline{A.A} = \overline{A}$
B
$\overline{B.B} = \overline{B}$
$\overline{\overline{A}.\overline{B}} = \bar{\bar{A}} + \bar{\bar{B}} = A+B$

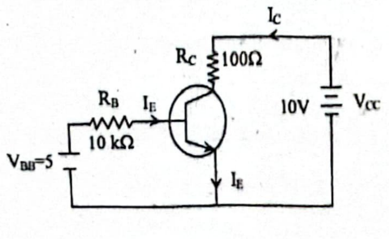
NAND গেট দিয়ে AND গেট বাস্তবায়ন


A
B
$\overline{A.A}$
$\overline{\overline{AB}.\overline{AB}} = \overline{\overline{A.B}} = AB$

সুতরাং, প্রদত্ত লজিক গেট তথা NAND গেট একটি সার্বজনীন গেট।

প্রশ্ন ▸ ৪৮ ঢাকা কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৬

নিচের সার্কিটটি লক্ষ্য কর। এখানে, $V_{BE} = 0.7$ V, $\beta = 100$।


I_C
R_C
100Ω
R_B
I_E
10 kΩ
V_{BB}=5
10V
V_{CC}
I_E

ক. বিভব প্রাচীর কী? ১

খ. p–n–p ট্রানজিস্টরে ধনাত্মক চার্জের প্রবাহের কারণে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয় — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. নিঃসারক কারেন্ট নির্ণয় কর। ৩

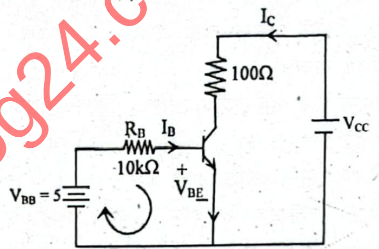
ঘ. $V_{CE} > V_{CB}$ কিনা? গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক pn জাংশনের সংযোগস্থলে যথেষ্ট সংখ্যক দাতা ও গ্রাহক আয়ন উন্মুক্ত হওয়ার ফলে ব্যাপন ক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায় এবং হোল ও ইলেকট্রন চলাচল বন্ধ হয়ে যায়, ফলে সংযোগস্থলে একটি বিভব বাধা তৈরি হয়, এটিই বিভব প্রাচীর।

খ p-n-p ট্রানজিস্টরের বায়াসিং এর ক্ষেত্রে এমিটার-বেস জাংশন সম্মুখী ঝোঁকে এবং কালেক্টর-বেস জাংশন্ বিমুখী ঝোঁকে রাখা হয়। এক্ষেত্রে p অঞ্চল বা এমিটার থেকে 'হোল' বেসের মধ্যে প্রবেশ করে এবং কালেক্টর বেশি ধনাত্মক হওয়ায় হোলগুলো বেস থেকে কালেক্টরের দিকে ছুটে যায় এবং প্রবল তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে। এভাবে p-n-p ট্রানজিস্টরের ভেতরে হোলের জন্য তড়িৎ প্রবাহিত হয়; যা মূলত ইলেকট্রনের ঘাটতি বোঝায় অর্থাৎ, ধনাত্মক চার্জের সমতুল্য। অর্থাৎ, p-n-p ট্রানজিস্টরে ধনাত্মক চার্জ বা হোলের প্রবাহের কারণে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়।

গ উদ্দীপক হতে পাই,


I_C
100Ω
R_B
I_B
10kΩ
+
V_{BE}
–
V_{BB} = 5
V_{CC}

পীঠ-নিঃসারক লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$I_BR_B + V_{BE} - V_{BB} = 0$$

বা, $I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$

$= \frac{5 - 0.7}{10 \times 10^3}$

$= 4.3 \times 10^{-4}$A

এখানে,

পীঠ রোধ, $R_B = 10$ kΩ $= 10 \times 10^3 \Omega$

বিভব, $V_{BB} = 5$V

$V_{BE} = 0.7$ V

পীঠ প্রবাহ = I_B

সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = ?$

$\beta = 100$

নিঃসারক কারেন্ট, $I_E = ?$

আমরা জানি, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

বা, $I_C = \beta I_B = 100 \times 4.3 \times 10^{-4}$

$= 0.043$ A

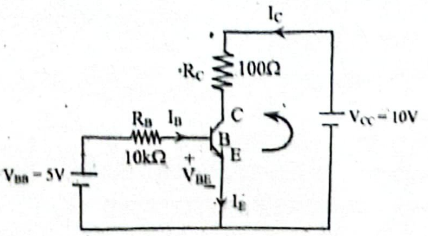
∴ নিঃসারক কারেন্ট,

$I_E = I_B + I_C$

$= 4.3 \times 10^{-4} + 0.043$

$= 0.0434$ A **(Ans.)**

ঘ এখানে, উদ্দীপক হতে পাই,


I_C
R_C
100Ω
R_B
I_B
10kΩ
+
V_{BE}
C
B
E
V_{BB} = 5V
V_{CC} = 10V
I_E

এখন, সংগ্রাহক নিঃসারক (Collector – Emitter) লুপে কিশফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} = 0$

বা, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

বা, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

বা, $V_{CE} = 10 - 0.043 \times 100 = 5.7$ V

এখানে,
'গ' থেকে পাই, পীঠ প্রবাহ, $I_B = 4.3 \times 10^{-4}$ A
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 0.043$A
দেওয়া আছে, $V_{CC} = 10$V
সংগ্রাহক রোধ, $R_C = 100\ \Omega$
$V_{BE} = 0.7$V

আমরা জানি,

$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$

বা, $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$

$= 5.7 - 0.7 = 5$ V

দেখা যাচ্ছে যে, $V_{CE} > V_{CB}$।

প্রশ্ন ▸ ৪৯ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৮

n–p–n ট্রানজিস্টরকে প্রথমে সাধারণ নিঃসারক বিন্যাসে সংযোগ দিয়ে নিঃসারক প্রবাহ 1.92 mA এবং পীঠ প্রবাহ 0.08 mA পাওয়া গেল। পরে সাধারণ ভূমি বিন্যাসে সংযোগ দিয়ে নিঃসারক প্রবাহ এবং সংগ্রাহক প্রবাহের মান উভয়ই পাঁচগুণ করা হলো।

ক. শক্তিব্যান্ড কাকে বলে? ১
খ. ডোপিং কীভাবে অর্ধ পরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতাকে প্রভাবিত করে ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে প্রবাহ লাভ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের সংযোগ বিন্যাস পরিবর্তন করায় প্রবাহ বিবর্ধক গুণকের মান পরিবর্তন হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পদার্থে বিভিন্ন পরমাণুতে কিন্তু একই কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির তারতম্য হয়। একই কক্ষপথে অবস্থিত এ সকল ইলেকট্রনের শক্তির সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ মানের মধ্যবর্তী পাল্লাকে শক্তিব্যান্ড বলে।

খ বিশুদ্ধ বা সহজাত অর্ধপরিবাহীতে সুবিধাজনক অপদ্রব্য (ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী মৌল) অতিসামান্য পরিমাণে নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে। ডোপিং এর মাধ্যমে যে অপদ্রব্য মেশানো হয় তা অর্ধপরিবাহীর কেলাসে মুক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা বা হোল সংখ্যা বৃদ্ধি করে। তাই, ডোপিং এর ফলে অর্ধপরিবাহীর পরিবহন ধর্ম ব্যাপকভাবে পরিবর্তিত হয় এবং পরিবাহিতা অনেকগুণ বৃদ্ধি পায়। এভাবে ডোপিং অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহীতাকে প্রভাবিত করে।

গ ২৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▸ ৫০ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা ▮ প্রশ্ন নং ৮

একটি সাধারণ নিঃসারক সংযোগ এ যথাক্রমে 0.95 V এবং 1.15 V প্রয়োগ করা হলে 10 mA এবং 30 mA ভূমি প্রবাহ পাওয়া যায়। প্রবাহ লাভ 74 এবং রোধ 120 ohm।

ক. NAND গেইট কী? ১
খ. একটি logic gate ব্যাখ্যা কর যার উভয় input একই হলে output শূন্য। ২
গ. প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় কর। ৩
ঘ. ট্রানজিস্টর সংযোগটি একটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করবে—যথাযথ বর্তনীর সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

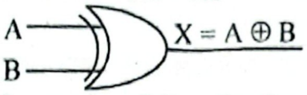
ক মৌলিক AND গেইটের আউটপুটে NOT গেইট যুক্ত করা হলে উক্ত সমবায়টি-ই NAND গেইট।

খ যে লজিক গেটের দুটি ইনপুট একই হলে আউটপুট শূন্য হয়, তা হলো XOR লজিক গেট।

Exclusive-OR(XOR) গেট এমন এক ধরনের গেট যার ইনপুট দুটি বিপরীত হলে আউটপুট । হয় আর ইনপুট দুটি একই হলে আউটপুট শূন্য হয়।

XOR গেটের বুলিয়ান সমীকরণ—

$X = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$



চিত্র: X-OR গেইটের প্রতীক চিত্র

X-OR গেটের ট্রুথ টেবিল

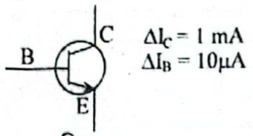
A	B	$X = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

গ ৩০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.987।

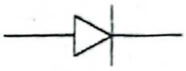
ঘ ৩০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** ভোল্টেজ বিবর্ধন গুণাংক, A_v = ৪৪৪। সুতরাং এটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করবে।

প্রশ্ন ▸ ৫১ ঢাকা সিটি কলেজ ▮ প্রশ্ন নং ৬

নিচের চিত্র দুটি লক্ষ করো:



চিত্র-০১



চিত্র-০২

ক. আপেক্ষিক রোধ কী? ১
খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত চিত্র ০১ এর ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (α) নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত চিত্র ০২ এর যন্ত্রটিকে কিভাবে পূর্ণতরঙ্গ একমুখীকারক হিসেবে ব্যবহার করা যায় উপযুক্ত বর্তনী অংকন পূর্বক তা ব্যাখ্যা করো। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধই ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ।

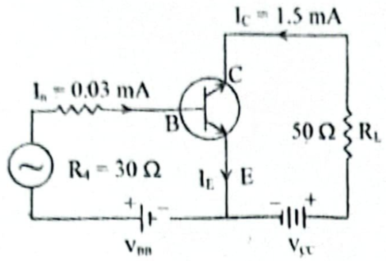
খ অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেক্ট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙ্গে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

গ ১৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.999।

ঘ ৪৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

▶ ৫২ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৮

দ্দীপকে একটি কমন এমিটার n-p-n ট্রানজিস্টর এমপ্লিফায়ার বর্তনী খানো হলো–



ক. ভরত্রুটি কাকে বলে? ১

খ. জেনার ভোল্টেজে pn জংশন ডায়োড নষ্ট হয়ে যায় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীর কারেন্ট গেইন β কত? ৩

ঘ. বেস প্রবাহ ও কালেক্টর প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে ভোল্টেজ গেইনের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়, ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

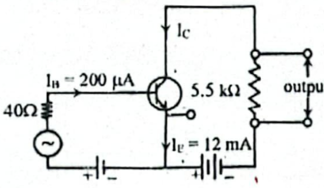
খ pn জংশন ডায়োডে রিভার্স বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধি করতে থাকলে ইলেকট্রনের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং সেমিকন্ডাক্টর (p-n) ডায়োডের পরমাণু থেকে ইলেকট্রন বেরিয়ে আসে। রিভার্স ভোল্টেজ একটি ক্রান্তি মানে পৌছালে দেখা যায় রিভার্স কারেন্ট হঠাৎ করে অনেকগুণ বেড়ে যায়। এই ভোল্টেজকে জেনার ভোল্টেজ বলে। এই সময় p-n জাংশনের সংযোগস্থলে ডিপ্লেশন লেয়ারের পতন ঘটে বা সম্পূর্ণভাবে ভেঙে যায়। এই পর্যায়কে অ্যাভালেন্স ব্রেকডাউন বলে। এজন্য ডায়োড তার কার্যকারিতা হারিয়ে নষ্ট হয়ে যায়।

গ ২৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ২৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৫৩ সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৬

ভোল্টেজ গেইন 5000 এর বেশি পাওয়ার জন্য এক ব্যক্তি উদ্দীপকের অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটটি তৈরি করেন।



ক. অন্তঃস্থ শক্তি কাকে বলে? ১

খ. স্থির চাপে কোনো গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ 20.87 $Jmol^{-1}K^{-1}$ বলতে কী বোঝায়? ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীর প্রবাহ লাভ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ব্যক্তির উদ্দেশ্য সফল হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো সিস্টেমের সকল কণার মোট বিভব শক্তি ও গতি শক্তি যার বিনিময়ে সিস্টেম বাহ্যিক শক্তি সরবরাহ ছাড়া কাজ করতে পারে, তাকে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বলে।

খ স্থির চাপে কোনো 1 মোল গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ পদার্থের স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে।

স্থির চাপে, কোনো গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ 20.87 $J mol^{-1}K^{-1}$ বলতে বোঝায়, চাপ স্থির রেখে ঐ গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে 20.87 J তাপশক্তির প্রয়োজন হয়।

গ আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C$

বা, $I_C = I_E - I_B$

$= 12 \times 10^{-3} - 200 \times 10^{-6}$

$= 11.8 \times 10^{-3}$ A

আবার, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$= \frac{11.8 \times 10^{-3}}{200 \times 10^{-6}}$

= 59 **(Ans.)**

এখানে,
বেস কারেন্ট, $I_B = 200\ \mu A = 200 \times 10^{-6}$ A
এমিটার কারেন্ট, $I_E = 12$ mA $= 12 \times 10^{-3}$ A
কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = ?$
প্রবাহ লাভ, $\beta = ?$

ঘ 'গ' হতে পাই,

প্রবাহ লাভ, β = 59

আমরা জানি, ভোল্টেজ গেইন

$$A_v = \beta \times \left(\frac{R_L}{R_{in}}\right)$$

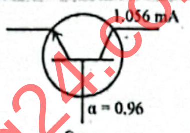
$$= 59 \times \frac{5.5 \times 10^3}{40} = 8112.5$$

$A_v > 5000$

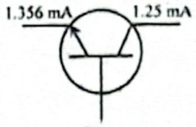
এখানে,
আউটপুট রোধ, $R_L = 5.5\ k\Omega = 5.5 \times 10^3\ \Omega$
ইনপুট রোধ, $R_{in} = 40\ \Omega$

সুতরাং, উদ্দীপকের ব্যক্তির উদ্দেশ্য সফল হবে।

প্রশ্ন ▶ ৫৪ সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা ▌ প্রশ্ন নং ৮



চিত্র-১



চিত্র-২

ক. ডোপিং কী? ১

খ. সম্মুখী ঝোঁক ব্যবস্থায় প্রবাহ কেন বৃদ্ধি পায়? ২

গ. উদ্দীপকের ১নং ট্রানজিস্টরের নিঃসারক প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বিবর্ধক হিসাবে কোন ট্রানজিস্টরটি বেশি উপযোগী?— গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ সম্মুখী ঝোঁক ব্যবস্থায় জংশন ডায়োডের ভেতরে হোল ও ইলেকট্রন উভয়ের দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয় বলে প্রবাহ বৃদ্ধি পায়।

p-n জংশনে ভোল্টেজ যদি এমনভাবে প্রয়োগ করা হয় যে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত p টাইপ বস্তুর সাথে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত হয়, তাহলে তাকে সম্মুখী ঝোঁক বলে। এক্ষেত্রে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত ইলেকট্রনকে p টাইপ বস্তুর দিকে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত হোলগুলোকে n টাইপ বস্তুর দিকে টানবে। এতে করে বিভব প্রাচীরের বিস্তার হ্রাস পাবে এবং এর ফলে n টাইপ বস্তু থেকে ইলেকট্রন জংশন পার হয়ে p টাইপ বস্তুতে যাবে এবং হোল জংশন পার হয়ে n টাইপ বস্তুতে প্রবেশ করবে। এর ফলে p-n জংশন ও বহিঃস্থ বর্তনীতে তড়িৎপ্রবাহ চলবে। এই প্রাবহকে সম্মুখী প্রবাহ বলে। ইলেকট্রন ও হোল উভয়ের জন্য এই তড়িৎ প্রবাহ বেশি হয়।

গ আমরা জানি,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $I_E = \frac{I_C}{\alpha}$

$= \frac{1.056}{0.96}$

= 1.1 mA **(Ans.)**

এখানে,
১নং ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে,
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 1.056$ mA
প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = 0.96$
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = ?$

ঘ আমরা জানি, যে ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ লাভ (V_A) এর মান যত বেশি বিবর্ধক হিসেবে সেটি তত বেশি উপযোগী।

আবার, ভোল্টেজ লাভ, $V_A = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ [R_L = ভার রোধ, R_{in} = গতীয় রোধ, β = প্রবাহ লাভ]

$= \beta \times \frac{R_L}{R_{in}}$

দেখা যাচ্ছে, $V_A \propto \beta_1$ অর্থাৎ, যে ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ β যত বেশি, তার V_A তত বেশি।

আমরা জানি,

$$\beta_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.96}{1-0.96} = 24$$

এখানে,
1 নং ট্রানজিস্টরের জন্য,
$\alpha = 0.96$
প্রবাহ লাভ, $\beta_1 = ?$

∴ ১ম ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ, $\beta_1 = 24$

আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C$

বা, $I_B = I_E - I_C$

$= 1.356 - 1.25$

$= 0.106$ mA

আবার,
২য় ট্রানজিস্টরের জন্য
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 1.356$ mA
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 1.25$ mA
প্রবাহলাভ, $\beta_2 = ?$

$$\therefore \beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1.25}{0.106} = 11.79$$

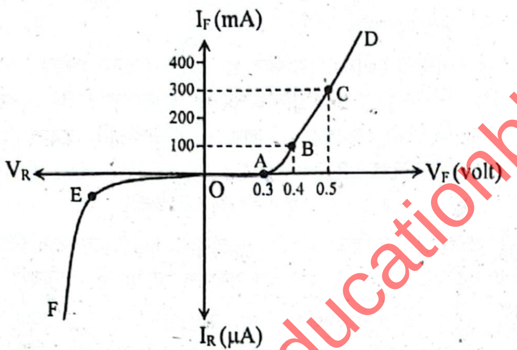
∴ ২য় ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ $\beta_2 = 11.79$

যেহেতু, $\beta_1, > \beta_2$

সুতরাং, বিবর্ধক হিসেবে উদ্দীপকের চিত্র-১ এর ট্রানজিস্টর বেশি উপযোগী।

প্রশ্ন ▶ ৫৫ শহিদ বীর-উত্তম লে. আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮

p – n জাংশনের I – V লেখচিত্র দেখানো হয়েছে।



ক. কির্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি বিবৃত করো। ১

খ. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সমবর্তিত হয় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. OD অংশের গতীয় রোধ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. লেখচিত্র OD ও OEF অংশে বিভব পার্থক্যের সাথে তড়িৎ প্রবাহের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কির্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

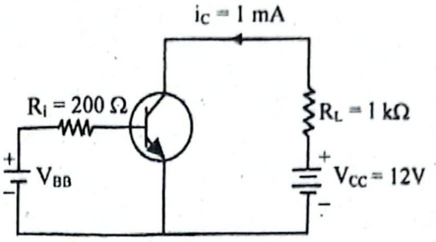
খ অনুপ্রস্থ তরঙ্গের প্রবাহের দিকের উলম্ব তলে কম্পন যেকোন রেখায় হতে পারে। কিন্তু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের কম্পন তরঙ্গ প্রবাহের দিক বরাবরই হয়। যেহেতু অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সৃষ্টি হয় নিরবচ্ছিন্ন জড় মাধ্যমে, সেহেতু কোন নির্দিষ্ট দিকে এই কম্পন তথা প্রবাহ সীমাবদ্ধ রাখাও সম্ভব নয়। তাই অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সমবর্তিত হয় না।

গ ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.5 Ω।

ঘ ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** OD অংশের তড়িৎ প্রবাহ হয় ভোল্টেজের সম্মুখী বায়াসের কারণে ও OEF অংশে তড়িৎ প্রবাহ হয় বিমুখী বায়াসের কারণে।

প্রশ্ন ▶ ৫৬ মিরপুর সাইন্স কলেজ, ঢাকা ▌প্রশ্ন নং ৮

নিচের বর্তনীতে সাধারণ নিঃসারক সংযোগে একটি n–p–n ট্রানজিস্টর দেখানো হলো যার প্রবাহ বিবর্ধন গুণক 0.98।



ক. ডোপিং কী? ১

খ. 'সিলিকন অপেক্ষা জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে যোজন ইলেকট্রন সহজে পরিবহন ব্যান্ডে যাবে'— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ট্রানজিস্টরটির সংগ্রাহক– নিঃসারক ভোল্টেজ (V_{CE}) নির্ণয় করো। ৩

ঘ. 'ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে'— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ যে পদার্থে যোজন ব্যান্ড প্রায় পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ড প্রায় খালি থাকে এবং এই দুটি ব্যান্ডের মধ্যে শক্তির পার্থক্য খুব কম (অনধিক 1.1 eV) থাকে, ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে তাকে সেমিকন্ডাক্টর বলে। সিলিকন, জার্মেনিয়াম এরা সেমিকন্ডাক্টরের উদাহরণ।

সেমিকন্ডাক্টরে পরিবহন ব্যান্ড ও যোজন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান বা নিষিদ্ধ ব্যান্ড খুব কম থাকে। কক্ষ তাপমাত্রায় জার্মেনিয়ামের জন্য এটি 0.7 eV এবং সিলিকনের জন্য 1.1 eV। যেহেতু জার্মেনিয়ামের নিষিদ্ধ ব্যান্ড সিলিকনের চেয়ে ছোট, তাই তুলনামূলক কম শক্তি প্রয়োগেই সিলিকন অপেক্ষা জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে যোজন ইলেকট্রন সহজে পরিবহন ব্যান্ডে যাবে।

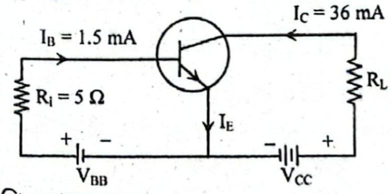
গ ১৬(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ট্রানজিস্টরটির ভোল্টেজ গেইন, $A_V = 245 > 1$।
সুতরাং, এটি ভোল্টেজ বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে।

প্রশ্ন ▶ ৫৭ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী ▌প্রশ্ন নং ৬

চিত্রে একটি npn ট্রানজিস্টরের সাধারণ নিঃসারক বর্তনী দেখানো হলো:



ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. pnp ও npn ট্রানজিস্টরের মধ্যে কোনটি অধিক কার্যকর? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটি বিভব ও ক্ষমতা উভয়কে বিবর্ধিত করে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাই কর। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ npn ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ ইলেক্ট্রনের প্রবাহের জন্য হয় এবং pnp ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ হোল-এর প্রবাহের জন্য হয়। কিন্তু বহির্বর্তনীর সংযোগ তারের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ

ইলেকট্রনের জন্যই হয়ে থাকে। অর্থাৎ, npn ও pnp ট্রানজিস্টরের কার্যনীতি একই রকম হলেও npn ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক হলো প্রধানত ইলেকট্রন এবং pnp ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক প্রধানত হোল।

আমরা জানি যে, ইলেকট্রন অধিক দ্রুত তড়িৎবাহক। তাই উচ্চ কম্পাঙ্ক বর্তনী বা কম্পিউটার বর্তনীতে pnp এর তুলনায় npn ব্যবহার করলে তা বেশী কার্যকর হয় এবং বর্তনী সিগনালের প্রতি দ্রুত সাড়া দেয়।

গ আমরা জানি,

নিঃসারক প্রবাহ,

$I_E = I_B + I_C$

$= 1.5 + 36 = 37.5$ mA

এখানে,
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 1.5$ mA
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 36$ mA

আবার, প্রবাহ বিবর্ধক গুণক,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{36}{37.5} = 0.96$ **(Ans.)**

ঘ বর্তনীর প্রবাহ লাভ β হলে,

$\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$= \frac{36}{1.5} = 24$

এখানে,
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 36$ mA
পীঠ প্রবাহ, $I_B = 1.5$ mA
লোড রোধ, $R_L = 80\ \Omega$
ইনপুট রোধ, $R_i = 5\ \Omega$

বর্তনীর ভোল্টেজ লাভ,

$V_A = \beta \times \frac{R_L}{R_i}$

$= 24 \times \frac{80}{5}$

$= 384$

বর্তনীর ক্ষমতা লাভ,

$P_A = \beta^2 \times \frac{R_L}{R_i}$

$= (24)^2 \times \frac{80}{5}$

$= 9216$

দেখা যাচ্ছে, $V_A > 1$ এবং $P_A > 1$

তাই বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনীটি বিভব ও ক্ষমতা উভয়কে বিবর্ধিত করে— উক্তিটি সত্য।

প্রশ্ন ▸ ৫৮ **নটর ডেম কলেজ, ময়মনসিংহ ▌ প্রশ্ন নং ৮**

শ্রেণিকক্ষে একজন শিক্ষক একটি কমন-এমিটার (CE) বিন্যাসে লাগানো ট্রানজিস্টারের ছবি আঁকলেন এবং বললেন এতে বেস প্রবাহ $I_B = 50\ \mu A$ এবং প্রবাহ লাভ, $\beta = 110$ পাওয়া যাবে।

ক. গতীয় রোধ কাকে বলে? ১

খ. একটি ট্রানজিস্টরকে কমন-বেস (CB) ও কমন এমিটার (CE) লাগানো হলে কোন ক্ষেত্রে এটি ভালো অ্যামপ্লিফায়ার হবে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধক গুণক α নির্ণয় করো। ৩

ঘ. শিক্ষক যে চিত্র এঁকেছিলেন তা অংকন করে আনুষঙ্গিক প্রবাহমাত্রা সমূহের মান ও দিক চিহ্নিত করা সম্ভব কিনা, গাণিতিক বিশ্লেষণসহ উপস্থাপন করো। ৪

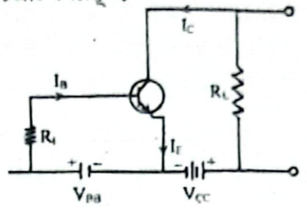
৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কালেকটর-এমিটার ভোল্টেজ (V_{CE}) যখন ধ্রুব থাকে তখন বেইজ-এমিটার ভোল্টেজের সামান্য পরিবর্তন (ΔV_{BE}) এবং এর ফলে পীঠ প্রবাহের পরিবর্তনের (ΔI_B) অনুপাতকে গতীয় রোধ বলে।

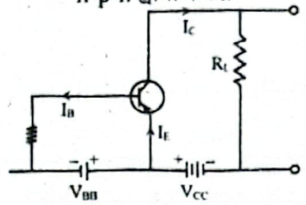
খ একটি ট্রানজিস্টরকে কমন বেসে (CB) লাগানো হলে এর প্রবাহ লাভ (β) সাধারণত 1 এর কাছাকাছি হয়। অপরদিকে কমন-এমিটারে (CE) প্রবাহ লাভ (β) সাধারণত 20–200 হয়। আবার ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \beta \times \left(\frac{R_L}{R_{in}}\right)$। তাই প্রবাহ লাভ যত বেশি হবে ভোল্টেজ গেইন তত বেশি হবে। তাই ট্রানজিস্টরকে কমন-এমিটার (CE) এ লাগানো হলে এটি ভালো অ্যামপ্লিফায়ার হবে।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.99।

ঘ শিক্ষক কমন-এমিটার (CE) বিন্যাসে লাগানো একটি ট্রানজিস্টরের ছবি এঁকেছিলেন। চিত্রটি নিম্নরূপ:



n-p-n ট্রানজিস্টর



p-n-p ট্রানজিস্টর

p-n-p ও n-p-n ট্রানজিস্টরে I_B, I_C ও I_E এর দিক চিত্রে দেখানো হয়েছে।

আমরা জানি,

$\beta = \frac{I_C}{I_B}$ বা, $I_C = \beta I_B$

$= 110 \times 50 \times 10^{-3}$

$= 5.5$ mA

এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 110$
বেস প্রবাহ, $I_B = 50\ \mu A = 50 \times 10^{-3}$ mA

আবার, $I_E = I_C + I_B$

$= 5.5 + 50 \times 10^{-3}$

$= 5.55$ mA

সুতরাং শিক্ষক যে চিত্র এঁকেছিলেন তা অঙ্কন করে আনুষঙ্গিক প্রবাহ মাত্রা সমূহের মানও দিক চিহ্নিত করা সম্ভব।

প্রশ্ন ▸ ৫৯ **সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর ▌ প্রশ্ন নং ৮**

একটি npn ট্রানজিস্টরকে সাধারণ নিঃসারক সংযোগে সংযুক্ত করা হল। এর ইনপুট রোধ 2 কিলোওহম এবং কারেন্ট গেইট 100.

ক. নিষিদ্ধ শক্তি ব্যান্ড কাকে বলে? ১

খ. অর্ধপরিবাহীর রোধের উষ্ণতা সহগ ঋনাত্মক কেন? ২

গ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধক গুণক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটিকে কিভাবে এমপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায় — চিত্রসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

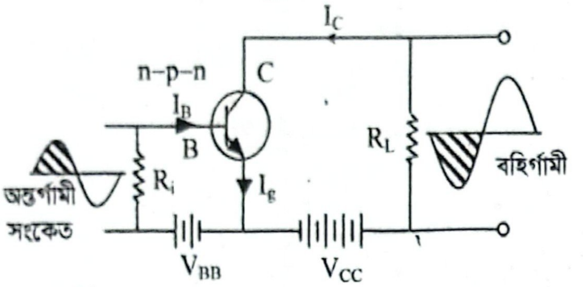
ক পরিবহন ব্যান্ড ও যোজন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী যে শক্তি ব্যবধান তাকে নিষিদ্ধ শক্তি ব্যান্ড বলে।

খ পরিবাহীর তাপমাত্রা বাড়ালে এর রোধ বাড়ে। কিন্তু অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বাড়ালে এর রোধ কমে অর্থাৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। কারণ অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরিবহন ব্যান্ডের ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু, রোধের উষ্ণতা সহগ, $\alpha = \frac{1 - \frac{R}{R_0}}{\theta}$ হওয়ায় ও অর্ধপরিবাহী পদার্থের ক্ষেত্রে θ বৃদ্ধি পেলে $\frac{R}{R_0} > 1$ হয় বলে অর্ধপরিবাহীর রোধের উষ্ণতা সহগ ঋণাত্মক।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.99।

ঘ যে যন্ত্র এর অন্তর্গামীতে প্রদত্ত সংকেত বহির্গামীতে বিবর্ধিত করে তাকে অ্যামপ্লিফায়ার বলে। ইলেকট্রনিক অ্যামপ্লিফায়ার দুর্বল অন্তর্গামী সংকেতকে বৃহৎ বহির্গামী সংকেতে পরিণত করে। ট্রানজিস্টর অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহৃত হয়। চিত্রে একটি সাধারণ নিঃসারক

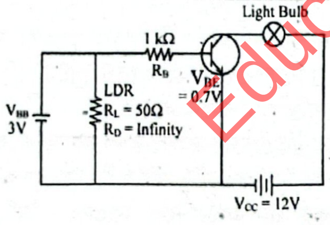
বিবর্ধকের বর্তনী দেখানো হয়েছে। নিঃসারক-পীঠ জাংশনে একটি দুর্বল অন্তর্গামী সংকেত প্রদান করা হয় এবং সংগ্রাহক বর্তনীতে সংযুক্ত রোধ R_1 থেকে বহির্গামী সংকেত গ্রহণ করা হয়। ভালো বিবর্ধক বা অ্যামপ্লিফিকেশন পাওয়ার জন্য অন্তর্গামী বর্তনীকে সর্বদা সম্মুখী বায়াস করা হয় এবং তা করার জন্য অন্তর্গামী বর্তনীতে অন্তর্গামী সংকেতের অতিরিক্ত একটি ডিসি ভোল্টেজ V_{BB} প্রয়োগ করতে হয়।



নিঃসারক পীঠ জাংশনে প্রযুক্ত সংকেতের ধনাত্মক অর্ধচক্রের সময় জাংশনের সম্মুখ ঝোঁক বৃদ্ধি পায় ফলে অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন নিঃসারক থেকে পীঠ-এর মধ্যদিয়ে সংগ্রাহকে প্রবাহিত হয় এবং সংগ্রাহক প্রবাহ বৃদ্ধি পায়। এ বেড়ে যাওয়া সংগ্রাহক প্রবাহ (I_C) লোড রেজিস্ট্যান্স R_L-এ অধিক পরিমাণ বিভব পতন সৃষ্টি করে। অর্থাৎ বহির্গামীতে অধিক ভোল্টেজ পাওয়া যায়। সংকেতের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য নিঃসারক-পীঠ জাংশনের সম্মুখী ঝোঁক হ্রাস পায় ফলে সংগ্রাহক প্রবাহও কমে যায়। সংগ্রাহক প্রবাহ কমে যাওয়ায় বহির্গামী ভোল্টেজও হ্রাস পায় তবে তা' অন্তর্গামী থেকে বেশি হয়। এভাবে ট্রানজিস্টর কোনো দুর্বল সংকেতকে অ্যামপ্লিলিফাই বা বিবর্ধিত করে। সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধকে অন্তর্গামী সঙ্কেত ও বহির্গামী সঙ্কেতের মধ্যে সর্বদা 180° দশা পার্থক্য বজায় থাকে।

বাস্তবক্ষেত্রে বিবর্ধনের জন্য অনেকগুলো ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়ে থাকে। একটির বহির্গামী অপরটির অন্তর্গামী হিসেবে কাজ করে।

প্রশ্ন ▸ ৬০ রাজশাহী কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৮



উপরের বর্তনীটি একটি আলোক সংবেদনশীল সুইচ হিসেবে কাজ করতে পারে। LDR টির উপর আলো পড়লে এর রোধের মান 10 Ω হয় এবং অন্ধকারে রোধের মান হয় অসীম।

ক. ডোপিং কী? ১

খ. যোজন ব্যান্ড ব্যাখ্যা করো। ২

গ. অন্ধকারে বর্তনীটির বেজ কারেন্ট নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটি আলোক সংবেদনশীল সুইচ হিসেবে কাজ করতে পারে— বর্তনীর কার্যক্রম (Operation) বর্ণনা ও বিশ্লেষণ করে সিদ্ধান্তটি যাচাই করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথের ইলেকট্রনকে যোজন ইলেকট্রন বলে। যোজন ইলেকট্রনগুলোর শক্তির পাল্লা বা ব্যান্ডকে যোজন ব্যান্ড বলে। একটি সাধারণ পরমাণুতে দূরতম কক্ষপথের ইলেকট্রনের শক্তি থাকে সর্বোচ্চ। এই ব্যান্ড পূর্ণ বা আংশিক পূর্ণ থাকতে পারে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ক্ষেত্রে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ থাকে।

গ আমরা জানি,

$$R_i = \frac{V_{BE}}{I_B}$$

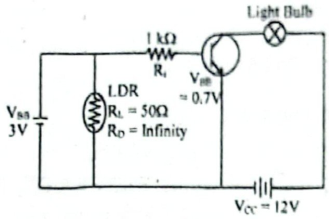
$$\text{বা, } I_B = \frac{V_{BE}}{R_i}$$

$$= \frac{0.7}{1 \times 10^3}$$

$$= 0.7 \times 10^{-3} = 0.7\ \text{mA (Ans.)}$$

এখানে,
ইনপুট রোধ, $R_i = R_B = 1\ k\Omega = 1 \times 10^3\ \Omega$
ইনপুট ভোল্টেজ, $V_{BE} = 0.7\ V$
বেজ কারেন্ট, $I_B = ?$

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীটি আলোক সংবেদনশীল সুইচ হিসেবে কাজ করতে পারে।



এই বর্তনীর বাল্বটি আলোর উপস্থিতিতে জ্বলে ওঠে এবং অন্ধকারে নিভে যায়। এখানে বিভব বিভাজকে একটি আলোক নির্ভরশীল রোধক LDR (Load dependent Resistor) বা ফটো রেজিস্টর থাকে। অন্ধকারে এই ফটো রেজিস্টরের (LDR) রোধ অসীম হয়। এর ফলে উৎস ভোল্টেজের খুবই সামান্য ভগ্নাংশ R_i রোধের দুই প্রান্তে পাওয়া যাবে। এতে করে পীঠ প্রবাহ পাওয়া যাবে না বা গেলেও খুবই সামান্য হবে বা ট্রানজিস্টরকে অন করতে পারবে না। উজ্জ্বল আলোতে ফটো রেজিস্টরের রোধ মাত্র 10 Ω হয়। ফলে R_i এর দুই প্রান্তে ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়, এতে করে পীঠ প্রবাহও বৃদ্ধি পায়। ফলে ট্রানজিস্টর অন হয় এবং বাল্ব জ্বলে ওঠে। ফটো রেজিস্টর (LDR) এবং রোধ R_i এর অবস্থান বিনিময় করলে অন্ধকারে বাল্ব জ্বলে উঠবে এবং আলোতে বাল্ব নিভে যাবে। তাই বলা যায় যে, উদ্দীপকের বর্তনীটি আলোক সংবেদনশীল সুইচ হিসেবে কাজ করতে পারে।

প্রশ্ন ▸ ৬১ বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ ▌ প্রশ্ন নং ৮

একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সংযোগ বর্তনীতে 0.85V বিভব পার্থক্য প্রয়োগে ভূমি প্রবাহ পাওয়া গেল 5 mA। প্রবাহ বিবর্ধক গুণক 0.98 এবং ভার রোধ 120 Ω।

ক. ডোপিং কী? ১

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ-পরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহীতা বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসাবে ক্রিয়া করবে কিনা- গাণিতকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে বৃদ্ধি পায়। কারণ, তাপমাত্রা বাড়লে যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রনগুলো তাপশক্তি অর্জন করে পরিবহন স্তরে স্থানান্তরিত হয়। এর ফলে মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা বাড়ে, যা পরিবাহিতাকে বাড়িয়ে দেয়।

গ 8(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ট্রানজিস্টরের গতীয় রোধ R_p হলে,

$$R_p = \frac{\Delta V}{I_B}$$

$$= \frac{0.85}{0.005} = 170\Omega$$

ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ গেইন,

এখানে,
বিভব পার্থক্য, $\Delta V = 0.85V$
ভূমি প্রবাহ, $I_B = 5\ mA$
$= 0.005\ A$
ভার রোধ, $R_L = 120\ \Omega$
প্রবাহ বিবর্ধন গুনক, $\alpha = 0.98$

$A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_P}$

$= 49 \times \frac{120}{170} = 34.588$

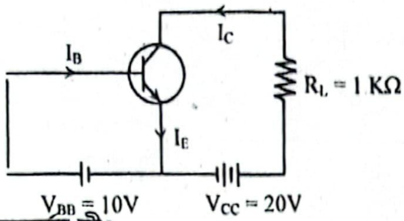
প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$

$= \frac{0.98}{1 - 0.98} = 49$

যেহেতু $A_V > 1$, তাই বলা যায়, উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসেবে ক্রিয়া করবে।

প্রশ্ন ▶ ৬২ সরকারি এডওয়ার্ড কলেজ, পাবনা ▌প্রশ্ন নং ৩

নিচের চিত্রে একটি সিলিকন ট্রানজিস্টর বর্তনী দেখানো হয়েছে যার প্রবাহ লাভ 50 এবং ইনপুট রোধ 100 kΩ।



ক. আলোর সমবর্তন কী? ১

খ. p – n জংশনে ডিপ্লেশন স্তর কিভাবে সৃষ্টি হয়?– ব্যাখ্যা কর।২

গ. ভূমি প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩

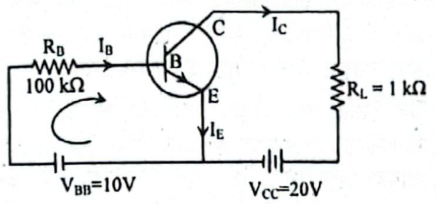
ঘ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির V_{CE}, V_{BE}-এর চেয়ে বেশি হবে কি -না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণসহ উত্তর দাও। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাই আলোর সমবর্তন।

খ p-n জংশন সৃষ্টির সাথে সাথে ব্যাপনের নিয়ম অনুযায়ী p অঞ্চল থেকে হোল n অঞ্চলে যেতে চেষ্টা করে; কারণ p অঞ্চলে হোলের ঘনত্ব n অঞ্চলের চেয়ে বেশি। একই কারণে n অঞ্চল থেকে কিছু মুক্ত ইলেকট্রন p-অঞ্চলে যেতে চেষ্টা করে। ফলে p-n জাংশনের n-পার্শ্বে ধনাত্মক ও p পার্শ্বে ঋণাত্মক আধানের উদ্ভব হয়ে ব্যাপন ক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। এতে করে সংযোগস্থলে একটি বিভব বাধা তথা ডিপ্লেশন স্তর সৃষ্টি হয়।

গ চিত্রে npn সিলিকন ট্রানজিস্টর এর ক্ষেত্রে নী-ভোল্টেজ $V_{BE} = 0.7$ V। বেস-ইমিটার লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,



$I_BR_B + V_{BE} - V_{BB} = 0$

বা, $I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$

$= \frac{10 - 0.7}{100 \times 10^3}$

$= 9.3 \times 10^{-5}$ A

$= 0.093$ mA **(Ans.)**

এখানে,
ইনপুট রোধ, $R_B = 100\ k\Omega$
$= 100 \times 10^3\ \Omega$
$V_{BE} = 0.7$ V
বায়াস ভোল্টেজ, $V_{BB} = 10$ V
ভূমি প্রবাহ, $I_B = ?$

ঘ 'গ' থেকে পাই, ভূমি প্রবাহ, $I_B = 0.093$ mA

সংগ্রাহক প্রবাহ I_C হলে,

$\beta = \frac{I_C}{I_B}$

বা, $I_C = \beta\ I_B = 50 \times 0.093$

$= 4.65$ mA

$= 4.65 \times 10^{-3}$ A

এখানে,
প্রবাহ লাভ, $\beta = 50$

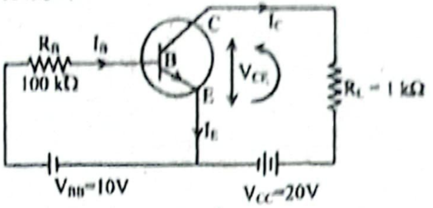
কালেক্টর ইমিটার লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-V_{CC} + I_C R_L + V_{CE} = 0$

বা, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L$

$= 20 - 4.65 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3$

$= 15.35$ V



ভোল্টেজ, $V_{BE} = 0.7$ V

দেখা যাচ্ছে, $V_{CB} > V_{BE}$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির V_{CB}, V_{BE}-এর চেয়ে বেশি হবে।

এখানে,
লোড রোধ, $R_L = 1\ k\Omega = 1 \times 10^3\ \Omega$
ভোল্টেজ, $V_{CC} = 20$ V

প্রশ্ন ▶ ৬৩ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর ▌প্রশ্ন নং ১

একটি NPN ট্রানজিস্টরের 10^9 ইলেকট্রন 10^{-7} s সময়ে emitter এ গমন করে।

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ-পরিবাহীর পরিবাহীতা বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. Emitter এর প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি 2% মুক্ত ইলেকট্রন Base এ নষ্ট হয় তবে প্রবাহ বিবর্ধকের মান কত হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মন্তব্য কর। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ অর্ধ—পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেকট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায়, ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ— পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

গ N-P-N ট্রানজিস্টরে

প্রবাহ, $I_E = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$

$= \frac{10^9 \times 1.6 \times 10^{-19}}{10^{-7}}$

$= 1.6 \times 10^{-3}$A $= 1.6$ mA **(Ans.)**

এখানে,
ইলেকট্রনের হোল সংখ্যা, $n = 10^9$
ইলেকট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19}$C
সময়, $t = 10^{-7}$ s

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, এমিটারে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যা, $N = 10^9$টি

2% মুক্ত ইলেকট্রন Base অঞ্চলে নষ্ট হলে,

অবশিষ্ট ইলেকট্রন, $N' = N - N \times 2\%$

$= 10^9 - 10^9 \times \frac{2}{100} = 9.8 \times 10^8$টি

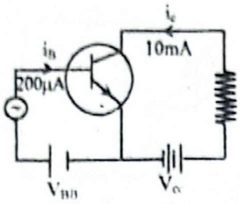
এই N' সংখ্যক ইলেকট্রন সংগ্রাহক বা কালেক্টর দিয়ে গমন করে।

আমরা জানি, প্রবাহ বিবর্ধক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\frac{N'e}{t}}{\frac{Ne}{t}} = \frac{N'}{N} = \frac{9.8 \times 10^8}{10^9} = 0.98$

অর্থাৎ, যদি 2% মুক্ত ইলেকট্রন Base অঞ্চলে নষ্ট হয় তবে প্রবাহ বিবর্ধকের মান হবে 0.98 হবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৪ **ফরিদ আহমেদ ভূইয়া একাডেমি, লক্ষ্মীপুর I প্রশ্ন নং ৫**

নিচের ট্রানজিস্টরটির বর্তনী লক্ষ কর।



ক. ডোপিং কী? ১

খ. ট্রানজিস্টরে ডিসি বায়াসিং অবস্থায় বেস কারেন্ট খুব কম হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধক গুণক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. "বর্তনীটির ইনপুটে একটি দুর্বল সংকেত প্রয়োগ করে আউটপুটে একটি বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া যাবে"- উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ ট্রানজিস্টরে ডিসি বায়াসিং অবস্থায় বেস কারেন্ট খুব কম হয়। n-p-n ট্রানজিস্টরে নিঃসারক পীঠ জাংশনে সম্মুখ বায়াস দেয়া হলে n-অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলোকে পীঠের দিকে প্রবাহিত করে ফলে নিঃসারক প্রবাহ I_E সৃষ্টি হয়। ইলেকট্রনগুলো p-টাইপ পিঠে প্রবেশ করার ফলে তারা সেখানকার হোলের সাথে মিলতে চায়। কিন্তু পীঠ খুব পাতলা হওয়ার কারণে সামান্য কিছু ইলেকট্রন (প্রায় 5%) হোল এর সাথে মিলিত হয়। ফলে বেস কারেন্ট এর পরিমাণ খুবই অল্প হয় এবং বাকি ইলেকট্রনগুলো n-টাইপ সংগ্রাহক অঞ্চলে প্রবেশ করে সংগ্রাহক প্রবাহ I_C সৃষ্টি করে।

গ ট্রানজিস্টরের নিঃসারক প্রবাহ I_E হলে,

আমরা জানি,

$I_E = I_C + I_B = 10 + 0.2$

$= 10.2$ mA

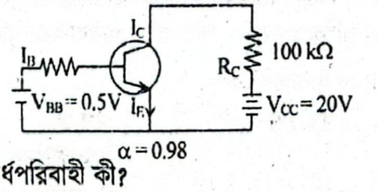
ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{10}{10.2} = 0.98$

এখানে,
পীঠ প্রবাহ,
$I_B = 200\ \mu A = 0.2$ mA
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 10$ mA

ঘ ৫৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৫ **চট্টগ্রাম কলেজ I প্রশ্ন নং ৬**



$\alpha = 0.98$

ক. n – type অর্ধপরিবাহী কী? ১

খ. ডোপায়ন তড়িৎ প্রবাহে কী ভূমিকা রাখে — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. I_E এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রদত্ত ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে কিনা—ব্যাখ্যা কর। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অর্ধপরিবাহী পদার্থে পঞ্চযোজী মৌল ভেজাল বা অপদ্রব্য হিসেবে মেশালে তাদের মধ্যে ঋণাত্মক আধান বাহক ইলেকট্রন গরিষ্ঠ আধান বাহক হিসেবে কাজ করে, এধরনের অর্ধপরিবাহীই n-type অর্ধপরিবাহী।

খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ডোপিং করা হয় তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় চার্জবাহক (মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল) থাকে না বললেই চলে। এতে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশালে যথাক্রমে বহুসংখ্যক হোল বা মুক্ত ইলেকট্রন সৃষ্টি হয়। তখন অর্ধপরিবাহী পদার্থের দুপ্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে খুব সহজেই তড়িৎ প্রবাহ ঘটে। অর্থাৎ, ডোপায়ন মূলত তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধিতে ভূমিকা রাখে।

গ

আমরা জানি,

$V_{CC} = I_C R_L$

বা, $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20}{100 \times 10^3}$

$\therefore I_C = 2 \times 10^{-4}$ A

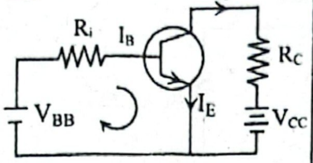
আবার, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ বা, $I_E = \frac{I_C}{\alpha}$

$\therefore I_E = \frac{2 \times 10^{-4}}{0.98}$

$= 2.04 \times 10^{-4}$ A **(Ans.)**

এখানে,
বিভব, $V_{CC} = 20$ V
লোড রোধ,
$R_C = 100\ k\Omega = 100 \times 10^3\ \Omega$
প্রবাহ বিবর্ধক গুণক, $\alpha = 0.98$
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = ?$
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = ?$

ঘ



এখানে,
লোড রোধ,
$R_C = 100\ k\Omega = 100 \times 10^3\ \Omega$
'গ' হতে পাই, সংগ্রাহক প্রবাহ
$I_C = 2 \times 10^{-4}$ A
নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 2.04 \times 10^{-4}$ A
পীট প্রবাহ, $I_B = ?$

আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C$

বা, $I_B = I_E - I_C = 2.04 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-6}$ A

এখন,

ভোল্টেজ গেইন,

$$A_V = \frac{I_C \times R_C}{I_B \times R_i} = \frac{2 \times 10^{-4} \times R_C}{4 \times 10^{-6} \times R_i} = 50 \times \frac{R_C}{R_i}$$

আমরা জানি, যে $R_C > R_i$ তাই, $A_V > I$ হবে।

অর্থাৎ, প্রদত্ত ট্রানজিস্টরটি বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে।

প্রশ্ন ▶ ৬৬ **চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ I প্রশ্ন নং ৮**

একটি n-p-n ট্রানজিস্টরের 10^8টি ইলেক্ট্রন 10^{-8}s সময়ে ইমিটারে গমন করে।

ক. লজিক গেট কী? ১

খ. ট্রানজিস্টরের বেস (Base) পাতলা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. ইমিটার প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. যদি 1% মুক্ত ইলেক্ট্রন পীঠ অঞ্চলে নষ্ট হয় তবে প্রবাহ বিবর্ধকের মান কীরূপ হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সমস্ত ডিজিটাল ইলেকট্রনিক সার্কিট এক বা একাধিক ইনপুট গ্রহণ করে এবং একটিমাত্র আউটপুট প্রদান করে এবং যুক্তিভিত্তিক সংকেতের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে সেগুলোই লজিক গেট।

খ ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয় বৈদ্যুতিক সংকেত বিবর্ধন করার উদ্দেশ্যে। ট্রানজিস্টরের সক্রিয় অঞ্চল হলো পীঠ। পীঠ যত পাতলা হবে, নিঃসারক সংগ্রাহক তড়িৎক্ষেত্র তত বেশি শক্তিশালী হবে যার ফলে পীঠ অঞ্চলে অল্প প্রবাহ প্রবেশ করালেই তার বিশাল প্রভাব বর্তনীতে পড়বে। অর্থাৎ প্রবাহ লাভের (β) মান অত্যধিক হবে। এ কারণেই ট্রানজিস্টরের বেস (Base) অংশ পাতলা হয়।

গ ১৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.6 mA।

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, এমিটারে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যা, $N = 10^8$টি

1% মুক্ত ইলেকট্রন পীঠ অঞ্চলে নষ্ট হলে,

অবশিষ্ট ইলেকট্রন, $N' = N - N \times 1\% = 10^8 - \frac{10^8}{100} = 9.9 \times 10^7$ টি

এই N' সংখ্যক ইলেকট্রন সংগ্রাহক বা কালেক্টর দিয়ে গমন করে।

আমরা জানি, প্রবাহ বিবর্ধক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\frac{N'e}{t}}{\frac{Ne}{t}} = \frac{N'}{N}$

$= \frac{9.9 \times 10^7}{10^8} = 0.99$

অর্থাৎ, যদি 1% মুক্ত ইলেকট্রন পীঠ অঞ্চলে নষ্ট হয় তবে প্রবাহ বিবর্ধকের মান হবে 0.99।

প্রশ্ন ▶ ৬৭ সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম I প্রশ্ন নং ৮

একটি p–n–p ট্রানজিস্টরে 10^{-8} সেকেন্ডে 10^{8}টি ইলেক্ট্রন প্রবাহিত হয়।

ক. জেনার ক্রিয়া কী? ১

খ. একটি কমন এমিটার সংযোগের চিত্র আঁক এবং ব্যাখ্যা করো। ২

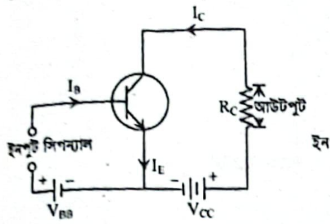
গ. এমিটার প্রবাহ হিসেব করো। ৩

ঘ. যদি ভূমি এলাকায় 1% ইলেক্ট্রন নষ্ট হয় তবে প্রবাহ বিবর্ধন কত?— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

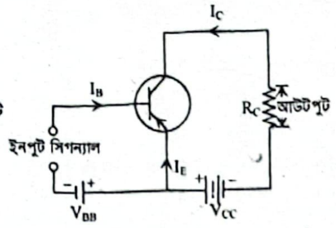
৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক p-n জাংশন ডায়োডে বিমুখী বায়াসের ক্ষেত্রে ভোল্টেজের পার্থক্য ক্রমশ বাড়াতে থাকলে ভোল্টেজ এর একটি মানের জন্য ডিপ্লেশন লেয়ার নষ্ট হয়ে তড়িৎ প্রবাহ হঠাৎ খুব বেশি বৃদ্ধি পাওয়াই জেনার ক্রিয়া।

খ কমন এমিটারে, এমিটার সাধারণ বাহু হিসেবে থাকে। বর্তনীতে নিঃসারক ও পীঠ সংযোগে ইনপুট এবং এমিটার ও সংগ্রাহক সংযোগে আউটপুট প্রান্ত গঠিত হয়। নিচের চিত্রে কমন এমিটার সংযোগ বর্তনী দেখানো হলো।



(ক) n–p–n

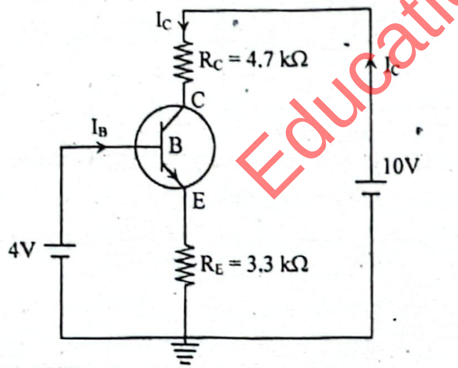


(খ) p–n–p

গ ১৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 1.6 mA।

ঘ ৬৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৬৮ সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম I প্রশ্ন নং ৭



বর্তনটি লক্ষ করো যেখানে, $\beta = 100$ এবং $V_{BE} = 0.7$ V

ক. ডোপিং কী? ১

খ. ডায়োড কেন একমুখীকারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীটির I_B প্রবাহ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটির V_C ও V_B এর তুলনামূলক বিশ্লেষণ দ্বারা এটি বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যাবে কি না– গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ ডায়োডের একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য হচ্ছে এটি একদিকে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে। কিন্তু বিপরীত দিকে কোনো তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে না। AC প্রবাহের ধনাত্মক অর্ধচক্র যখন ডায়োডের ধনাত্মক প্রান্তের ভেতর দিয়ে যায় তখন ডায়োড সম্মুখ ঝোঁক প্রাপ্ত হয় এবং বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। কিন্তু প্রবাহের ঋণাত্মক অর্ধচকে ডায়োড বিমুখী ঝোঁক প্রাপ্ত হয় এবং বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। অর্থাৎ, ডায়োড পরিবর্তী প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে পরিণত করে। এ কারণে ডায়োড একমুখীকারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

গ আমরা পাই,

$V_E = V_B - V_{BE}$
$= 4 - 0.7 = 3.3$ V

$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{3.3}{3.3 \times 10^3}$
$= 1$ mA

এখানে,
বিভব, $V_B = 4$ V
ধরি, $V_{BE} = 0.7$ V
$R_E = 3.3\ k\Omega = 3.3 \times 10^3\ \Omega$
লোড রোধ, প্রবাহ লাভ, $\beta = 100$

আমরা জানি,

$\beta = \frac{I_C}{I_B}$ বা, $\beta = \frac{I_E - I_B}{I_B}$

বা, $100 = \frac{1 - I_B}{I_B}$

বা, $100 I_B = 1 - I_B$

বা, $100\ I_B + I_B = 1$

বা, $I_B = \frac{1}{101} = 9.9 \times 10^{-3}$ mA $= 9.9\ \mu A$ **(Ans.)**

ঘ 'গ' হতে পাই, $I_E = 1$ mA $= 1 \times 10^{-3}$ A

$I_B = 9.9\ \mu A = 9.9 \times 10^{-6}$ A

আমরা জানি,

$I_E = I_C + I_B$

বা, $I_C = I_E - I_B$

বা, $I_C = 1 \times 10^{-3} - 9.9 \times 10^{-6}$

$= 1.0891$ mA

বা, $I_C = 9.901 \times 10^{-4}$ A

এখানে,
সংগ্রাহক রোধ,
$R_C = 4.7\ k\Omega$
$= 4.7 \times 10^3\ \Omega$
বিভব, $V_B = 4$ V

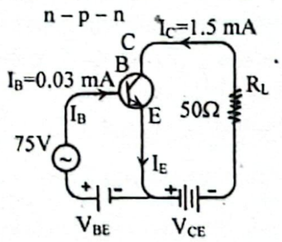
সংগ্রাহকে ভোল্টেজ $V_C = I_C R_C$
$= 9.901 \times 10^{-4} \times 4.7 \times 10^3$
$= 4{:}65$ V

সুতরাং $\frac{V_C}{V_B} = \frac{4.65}{4} = 1625$

যেহেতু $\frac{V_C}{V_B} > 1$ তাই এটিকে বিবর্ধক হিসেবে ব্যবহার করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৬৯ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম I প্রশ্ন নং ৭

নিচের বর্তনী চিত্রটি লক্ষ্য করো ও সংশ্লিষ্ট প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. শক্তি ব্যান্ড কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহে ডোপিং-এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α-এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আউটপুট ও ইনপুট ভোল্টেজের তুলনা করো। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পদার্থের একই কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির মান পরিপার্শ্বের পরমাণুগুলোর প্রভাবে কিছুটা পরিবর্তন হয়। ফলে ইলেকট্রনগুলোর শক্তি একটি নির্দিষ্ট মানে না থেকে একটি নির্দিষ্ট পাল্লা বা ব্যান্ড তৈরি করে। একে শক্তি ব্যান্ড বলে।

খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ডোপিং করা হয় তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় চার্জবাহক (মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল) থাকে না বললেই চলে। এতে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশালে যথাক্রমে বহুসংখ্যক হোল বা মুক্ত ইলেকট্রন সৃষ্টি হয়। তখন পদার্থের দুপ্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে খুব সহজেই তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.98।

ঘ বহিঃস্থ ভোল্টেজ,

$V_{out} = I_C R_L$
$= 1.5 \times 10^{-3} \times 50$
$= 75 \times 10^{-3}$ V

সুতরাং, $\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{75 \times 10^{-3}}{75}$

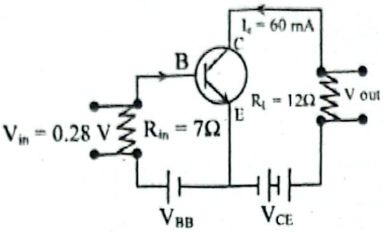
বা, $V_{out} = \frac{V_{in}}{1000}$

এখানে,
ইনপুট ভোল্টেজ, $V_{in} = 75$ V
সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = 1.5$ mA
$= 1.5 \times 10^{-3}$A
বহিঃস্থ রোধ, $R_L = 50\,\Omega$

সুতরাং আউটপুট ভোল্টেজ ইনপুট ভোল্টেজের 1000 ভাগের এক ভাগ।

প্রশ্ন ▶ ৭০ ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম । প্রশ্ন নং ৭

নিচে একটি কমন এমিটার n-p-n ট্রানজিস্টর বর্তনী দেখানো হলো।



ক. NAND গেইট কী? ১
খ. দুটি পৃথক p-n জাংশন ডায়োডকে জোড়া লাগিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা যায় না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় কর। ৩
ঘ. বর্তনীর ভোল্টেজ গেইন এক এর অধিক হবে– গাণিতিক বিশ্লেষণে মতামত দাও। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

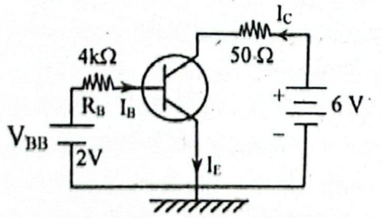
ক মৌলিক AND গেইটের আউটপুটে NOT গেইট যুক্ত করা হলে উক্ত সমবায়টি NAND গেইট।

খ একটি p-n-p ট্রানজিস্টরে বেস একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ, যা অত্যন্ত পাতলা ও হালকা ডোপিং করা হয়। কিন্তু দুটি আলাদা p-n জাংশন ডায়োড জোড়া লাগালে তাদের সংযোগ স্থলে একটি মোটা একটি অঞ্চল তৈরি হবে, যা কার্যকর বেস হিসেবে কাজ করতে পারবে না। আবর ট্রানজিস্টরের অভ্যন্তরীণ কাঠামোতে বেস, এমিটার এবং কালেক্টর অঞ্চলগুলোর নির্দিষ্ট গুণগত মান ও মাত্রা অনুযায়ী তৈরি করা হয়। কিন্তু দুটি সাধারণ ডায়োড একসঙ্গে জোড়া লাগালে এই কাঠামো তৈরি করা সম্ভব নয়। এজন্য দুটি পৃথক p-n জাংশন ডায়োডকে জোড়া লাগিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা যায় না।

গ ১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ▶ ৭১ সরকারি মদন মোহন কলেজ, সিলেট । প্রশ্ন নং ৮



ক. ট্রানজিস্টর নামটি কোন শব্দ থেকে এসেছে? ১
খ. n – p – n এবং p – n – p ট্রানজিস্টরের মধ্যে কোনটি বেশি ব্যবহার উপযোগী? ২
গ. উদ্দীপক হতে α ও β এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে দেখাও যে, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$। ৩
ঘ. উদ্দীপকটিতে I_C, I_E এবং I_B এর মধ্যে কার মান সবচেয়ে কম? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। [যেখানে β = 10] ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ট্রানজিস্টর নামটি ইংরেজি শব্দ transfer ও resistor থেকে এসেছে।

খ n–p–n ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ ইলেকট্রনের প্রবাহের জন্য হয় এবং p–n–p ট্রানজিস্টরের ভিতরে তড়িৎ প্রবাহ হোল-এর প্রবাহের জন্য হয় কিন্তু বহির্বর্তনীর সংযোগ তারের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ ইলেকট্রনের জন্যই হয়ে থাকে। অর্থাৎ n–p–n ও p–n–p ট্রানজিস্টরের কার্যনীতি একই রকম হলেও n–p–n ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক প্রধানত ইলেকট্রন এবং p–n–p ট্রানজিস্টরের তড়িৎ বাহক প্রধানত হোল।

আমরা জানি যে, ইলেকট্রন অধিক দ্রুত তড়িৎবাহক। তাই উচ্চ কম্পাঙ্ক বর্তনী বা কম্পিউটার বর্তনীতে p–n–p এর তুলনায় n–p–n বেশি ব্যবহার উপযোগী।

গ উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে,

I_E, I_B ও I_C যথাক্রমে নিঃসারক, পীঠ ও সংগ্রাহক প্রবাহ। α ও β যথাক্রমে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক ও প্রবাহ লাভ।

বর্তনীটিতে, $I_E = I_C + I_B$ বা, $I_B = I_E - I_C$

আমরা জানি, প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

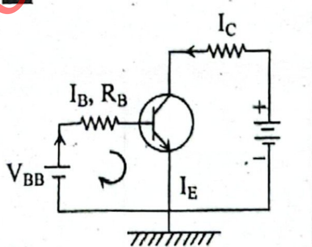
এবং প্রবাহ বিবর্ধক গুণক, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

এখন, $\beta = \frac{I_C}{I_E - I_C}$

বা, $\beta = \frac{\frac{I_C}{I_E}}{1 - \frac{I_C}{I_E}}$ [হর ও লবকে I_E দ্বারা ভাগ করে]

$\therefore \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ **(Showed)**

ঘ



এখানে,
প্রবাহ লাভ, β = 10
বিভব, $V_{BB} = 2$ V
ধরি, $V_{BE} = 0.7$ V
রোধ, $R_B = 4\text{k}\Omega = 4 \times 10^3\,\Omega$

পীঠ- নিঃসারক লুপে কির্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-V_{BB} + I_B R_B + V_{BE} = 0$

বা, $I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{2 - 0.7}{4 \times 10^3} = 3.25 \times 10^{-4}$ A = 0.325 mA

আবার, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

বা, $I_C = \beta I_B = 10 \times 0.325 = 3.25$ mA

আমরা জানি,
$I_E = I_C + I_B = 3.25 + 0.325 = 3.575$ mA

এখানে, $I_B < I_C < I_E$

সুতরাং, উদ্দীপকটিতে I_C, I_E এবং I_B এর মধ্যে I_B এর মান সবচেয়ে কম।

প্রশ্ন ▶ ৭২ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা । প্রশ্ন নং ৮

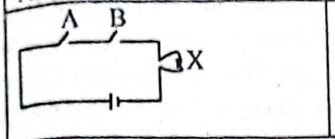
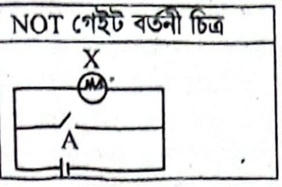
কোনো ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রে ব্যবহৃত একটি কমন বেস ট্রানজিস্টরে নিঃসারক প্রবাহ ও বেস প্রবাহ যথাক্রমে 0.85 mA ও 0.05 mA।

ক. ডোপিং কী? ১
খ. একটি AND ও একটি NOT গেইট এর বর্তনী চিত্র আঁক। ২
গ. উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের বিবর্ধক ফ্যাক্টর নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের উভয় প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে প্রবাহ লাভের কোনো পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যাচাই করো। ৪

৭২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পঞ্চযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ নিচে একটি AND ও একটি NOT গেইট এর বর্তনী চিত্র আঁকা হলো:

AND গেইট এর বর্তনী চিত্র	NOT গেইট বর্তনী চিত্র
	

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.94।

ঘ ট্রানজিস্টরের সংগ্রাহক প্রবাহ I_C হলে, আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C$

বা, $I_C = I_E - I_B = 0.85 - 0.05$

$= 0.8$ mA

$\therefore$ প্রবাহ লাভ, $\beta_1 = \frac{I_C}{I_B} = \frac{0.8}{0.05} = 16$

এখানে,

নিঃসারক প্রবাহ,

$I_E = 0.85$ mA

বেস প্রবাহ, $I_B = 0.05$ mA

উদ্দীপকের উভয় প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে,

নিঃসারক প্রবাহ, $I_E' = 2I_E = (2 \times 0.85)$ mA $= 1.7$ mA

বেস প্রবাহ, $I_B' = 2I_B = (2 \times 0.05)$ mA $= 0.1$ mA

$\therefore$ সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C' = I_E' - I_B' = (1.7 - 0.1)$ mA $= 1.6$ mA

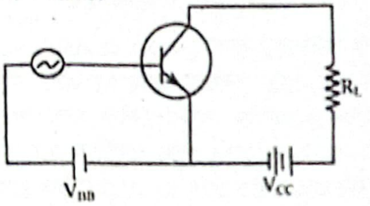
$\therefore$ নতুন প্রবাহ লাভ, $\beta_2 = \frac{I_C'}{I_B'} = \frac{1.6}{0.1} = 16$

দেখা যাচ্ছে, $\beta_1 = \beta_2 \therefore \Delta\beta = \beta_1 - \beta_2 = 0$

সুতরাং বলা যায়, উদ্দীপকের উভয় প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে প্রবাহ লাভের কোনো পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ▸ ৭৩ বাংলাদেশ বিমান বাহিনী শাহীন কলেজ, যশোর ‖ প্রশ্ন নং ৮

উদ্দীপকে ব্যবহৃত বিবর্ধক সার্কিটে আরমান বেস কারেন্ট পেল 80 μA এবং প্রবাহ লাভ পেল 200.



ক. প্রবাহ লাভ কাকে বলে? ১

খ. নিঃশেষিত স্তর কীভাবে সৃষ্টি হয় ব্যাখ্যা করো। ২

গ. প্রবাহ বিবর্ধক গুণক এর মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আরমান সার্কিটটি বিবর্ধক হিসাবে ব্যবহার করতে পারবে কিনা, তা ব্যাখ্যা সহ উপস্থাপন করো। ৪

৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ট্রানজিস্টরের সাধারণ নিঃসারক বিন্যাসে V_{CE} ধ্রুব থাকা অবস্থায় সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন ও পীঠ প্রবাহের পরিবর্তনের অনুপাতকে প্রবাহ লাভ বলে।

খ p-n জাংশনে n-অঞ্চল থেকে মুক্ত ইলেকট্রন p-অঞ্চলে প্রবেশ করে। ফলে n পার্শ্বে ধনাত্মক আধান ও p-অঞ্চলে ঋনাত্মক গ্রাহক আয়ন উন্মুক্ত হয়। একসময় n পার্শ্বের ধনাত্মক আধান হোলকে p-পার্শ্ব থেকে n-পার্শ্বে যেতে বাধা দেয় এবং p-পার্শ্বের ঋণাত্মক আধান মুক্ত ইলেনট্রনকে n-পার্শ্ব থেকে p-পার্শ্বে যেতে বাধা দেয়। ফলে সংযোগ স্থলে একটি বিভব বাধা তৈরি হয়। একে বিভব প্রাচীর বলে। সংযোগ স্থলের উভয় পার্শ্বের প্রায় 10^{-8} m থেকে 10^{-6} m পুরুত্বের অঞ্চলের বাইরে সমগ্র কেলাস তড়িৎ নিরপেক্ষ থাকে। শুধুমাত্র এই বিভব বাধা অঞ্চলের মধ্যে n-পার্শ্বে ধনাত্মক আধান এবং p-পার্শ্বে ঋণাত্মক আধান থাকে। এই সংকীর্ণ অঞ্চলের সকল সচল আধান নিঃশেষিত হয়ে যায়। এভাবে নিঃশেষিত স্তর সৃষ্টি হয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 0.995।

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: ভোল্টেজ বিবর্ধন গুণাংক, $A_v = 200\left(\frac{R_L}{R_{in}}\right)$ এখানে,

$A_v > 1$ হলে আরমান সার্কিটটি বিবর্ধক হিসাবে ব্যবহার করতে পারবে।

প্রশ্ন ▸ ৭৪ সরকারি হোসেন শহীদ সোহরাওয়ার্দী কলেজ, মাগুরা ‖ প্রশ্ন নং ৭

উদ্দীপকটি পড় এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

একটি p-n-p ট্রানজিস্টরকে কমন এমিটার সংযোগে রেখে অ্যামপ্লিফায়ার তৈরী করা হলো। বেস-এমিটার জাংশনকে ইনপুট হিসাবে ব্যবহার করতে 0.9 V বিভব প্রয়োগ করলে বেস প্রবাহ 10 mA এবং 1.1 V বিভব প্রয়োগ করলে বেস প্রবাহ 30 mA পাওয়া যায়। এতে সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন ঘটে 1.5 A। জাংশনের গতীয় রোধ 10 Ω। বর্তনীর লোড রোধ 100 Ω এবং কালেক্টরকে বহির্মুখে রাখা আছে।

ক. ডোপিং কী? ১

খ. সিলিকন ডায়োডের নী (knee) ভোল্টেজ 0.7 V- ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্তনীটির কারেন্ট গেইন নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ট্রানজিস্টরটিকে অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায় কিনা? ব্যাখ্যা করো। ৪

৭৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ সিলিকন ডায়োডের নী ভোল্টেজ 0.7 V বলতে বোঝায়, সম্মুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে সিলিকন ডায়োড বর্তনীতে প্রযুক্ত ভোল্টেজ 0.7 V এর কম হলে ডিপ্লেশন লেয়ারের বিভব বাধার কারণে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যাবে না। প্রযুক্ত ভোল্টেজ 0.7 V এর সমান বা বেশি হলে তড়িৎ প্রবাহের মান সূচকীয়ভাবে বৃদ্ধি পেতে থাকে।

গ বেস প্রবাহের পরিবর্তন,

$\Delta I_B = I_{B_2} - I_{B_1}$

$= 30 \times 10^{-3} - 10 \times 10^{-3}$

$= 20 \times 10^{-3}$ A

আমরা জানি,

এখানে,

বেগ প্রবাহ,

$I_{B_1} = 10$ mA $= 10 \times 10^{-3}$

$I_{B_2} = 30$ mA $= 30 \times 10^{-3}$ A

সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন,

$\Delta I_C = 1.5$ A

কারেন্ট গেইন, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{1.5}{20 \times 10^{-3}} = 75$ **(Ans.)**

ঘ আমরা জানি,

ভোল্টেজ লাভ,

$A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_i}$

$= 75 \times \frac{100}{10}$

$= 750$

এখানে,

লোড রোধ, $R_L = 100\ \Omega$

গতীয় রোধ, $R_i = 10\ \Omega$

'গ' হতে পাই,

কারেন্ট গেইন, $\beta = 75$

এখানে, $A_v > 1$। সুতরাং ট্রানজিস্টরটিকে অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

প্রশ্ন ▸ ৭৫ বরিশাল সরকারি মহিলা কলেজ ‖ প্রশ্ন নং ৮

দিক পরিবর্তী প্রবাহকে সরাসরি প্রবাহে পরিণত করার উদ্দেশ্যে একই মুহূর্তে কতগুলো বিশুদ্ধ সিলিকনের একপ্রান্তে ত্রিযোজী এবং অপর প্রান্তে পঞ্চযোজী মৌল ডোপিং করে তুমি কতগুলো ডায়োড তৈরি করলে। এরপর এগুলো ব্যবহার করে তুমি পূর্ণতরঙ্গের জন্য AC সিগন্যালকে DC সিগন্যালে পরিণত করতে চাইলে। (সংশোধিত)

ক. ডোপিং কী?

খ. ট্রানজিস্টরের বেস অংশ পাতলা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. তোমার তৈরিকৃত ডায়োডগুলোর যেকোনো একটি ডায়োডের সম্মুখ ঝোঁক এবং বিমুখী ঝোঁক এর বায়াস দেখাও। ৩

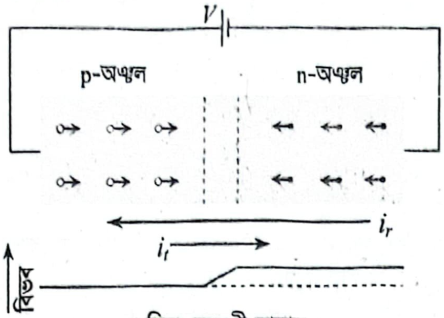
ঘ. উদ্দীপকের ডায়োডগুলো থেকে যেকোনো ৪টি ডায়োড ব্যবহার করে তুমি কীভাবে তোমার উদ্দেশ্য সফল করবে? বর্তনীচিত্রসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্যোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে ত্রিযোজী বা পঞ্চযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াই ডোপিং।

খ ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয় বৈদ্যুতিক সংকেত বিবর্ধন করার উদ্দেশ্যে। ট্রানজিস্টরের সক্রিয় অঞ্চল হলো পীঠ। পীঠ যত পাতলা হবে, নিঃসারক সংগ্রাহক তড়িৎক্ষেত্র তত বেশি শক্তিশালী হবে, এর ফলে পীঠ অঞ্চলে অল্প প্রবাহ প্রবেশ করালেই তার বিশাল প্রভাব বর্তনীতে পড়বে। অর্থাৎ প্রবাহ লাভের (β) মান অত্যধিক হবে। এ কারণেই ট্রানজিস্টরের বেস অংশ পাতলা করা হয়।

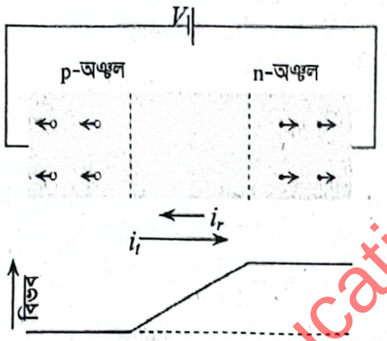
গ **সম্মুখী ঝোঁক:**



চিত্র: সম্মুখী বায়াস

সম্মুখী ঝোঁকে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত ইলেকট্রনগুলোকে বামে অর্থাৎ p-টাইপ বস্তুর দিকে এবং কোষের ঋণাত্মক প্রান্ত হোলগুলোকে ডানে অর্থাৎ n-টাইপ বস্তুর দিকে টানবে। ফলে n-টাইপ বস্তু থেকে ইলেকট্রন জাংশন পার হয়ে p টাইপ বস্তুতে যাবে এবং হোল জাংশন পার হয়ে n-টাইপ বস্তুতে প্রবেশ করবে। ফলে p-n জাংশন ও বহিঃস্থ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চলবে।

বিমুখী ঝোঁক:

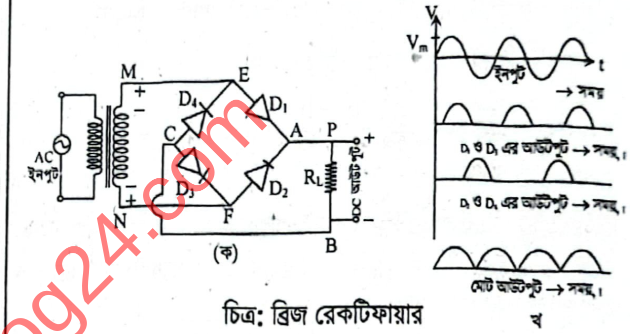


চিত্র: বিমুখী বায়াস

বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে n-টাইপ বস্তুর মুক্ত ইলেকট্রন কোষের ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণের ফলে n-টাইপ বস্তুতেই থেকে যাবে, জাংশন পার হয়ে কিছুতেই p টাইপ বস্তুতে যেতে পারবে না। একইসাথে p-টাইপ বস্তুর হোল ও p-টাইপ বস্তুতেই থেকে যাবে। ফলে ডিপ্লেশন স্তরের প্রশস্ততা বৃদ্ধি পাবে এবং জাংশন দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ চলবে না।

ঘ উদ্দীপকের ডায়োডগুলো থেকে যে কোন ৪টি ডায়োড ব্যবহার করে পূর্ণ তরঙ্গের জন্য AC সিগন্যাল প্রবাহকে সরাসরি DC সিগন্যালে পরিণত করা যায়। এই পদ্ধতির নাম ব্রীজ রেকটিফিকেশন। ইনপুট ভোল্টেজ কমানোর জন্য ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়। এ ট্রান্সফর্মারের সাথে চারটি ডায়োডের D_1, D_2, D_3 ও D_4 সংযোগ দিয়ে ব্রীজ তৈরি করা হয়। চিত্রে MN প্রান্তের সাথে AC ইনপুট সংযোগ দেওয়া হয়েছে এবং P ও B জাংশনের সঙ্গে একটি রোধ R_L যুক্ত করা হয়েছে। একে লোড (Load) বলে। এই রোধের দুই প্রান্ত হতে আউটপুট পাওয়া যায়।

ইনপুটের ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য (Positive half cycle) ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলীর M প্রান্ত ধনাত্মক (+ve) এবং N প্রান্ত ঋণাত্মক (−ve) হয়। এই অবস্থায় ডায়োড D_1 ও D_3 সম্মুখ ঝোঁক (Forward bias) প্রাপ্ত হয়। অন্যদিকে ডায়োড D_2 ও D_2 বিপরীত ঝোঁক (Reverse bias) প্রাপ্ত হয়। এই অবস্থায় বর্তনীতে বিদ্যুৎ MEAPBCFN পথে প্রবাহিত হয়। এক্ষেত্রে R_L এর দুই প্রান্তে ভোল্টেজ পাওয়া যায়।



চিত্র: ব্রিজ রেকটিফায়ার

আবার ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য (Negative half cycle) ট্রান্সফর্মারের (গঠন) কুণ্ডলীর N প্রান্ত ধনাত্মক এবং M প্রান্ত ঋণাত্মক হয়। এই অবস্থায় ডায়োড D_2 ও D_4 সম্মুখ ঝোঁক প্রাপ্ত হয়। এই অবস্থায় বর্তনীতে বিদ্যুৎ NFAPBCEM পথে প্রবাহিত হয়। সুতরাং ইনপুটের প্রত্যেক অর্ধচক্রের জন্য লোড রোধ R_L এ ভোল্টেজ ড্রপ হয়। অন্যভাবে বলা যায় ব্রিজ রেকটিফায়ারের A বিন্দু সর্বদা অ্যানোড এবং B বিন্দু ক্যাথোড হিসেবে ক্রিয়া করে। অন্তর্গামী AC এবং বহির্গামী DC সিগন্যালকে (খ) চিত্রে দেখানো হয়েছে। প্রত্যেক AC সিগন্যালকে বহির্গামীতে DC হিসেবে পাওয়া যায়। এভাবে আমি আমার উদ্দেশ্য সফল করব।

Tutor ৭৬ থেকে ১০৫ ক্রমিক নম্বরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নোত্তর ডাউনলোড করতে ব্রাউজারের অ্যাড্রেস বার-এ panjeree.com/hsc টাইপ করো এবং Enter চাপো। এরপর কাঙ্ক্ষিত ফাইলের জন্য ph2bqa25 কোডটি টাইপ করো। internet-linked

৭৬. ঢাকা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৭৭. ঢাকা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৭৮. ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৭৯. রাজশাহী বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৮০. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৩ .... panjeree.com/hsc
৮১. দিনাজপুর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৮২. কুমিল্লা বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৮৩. চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৮৪. সিলেট বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৮৫. যশোর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৮৬. যশোর বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৮৭. বরিশাল বোর্ড ২০২১ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৮৮. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৮৯. সিলেট বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৯০. যশোর বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৯১. বরিশাল বোর্ড ২০১৯ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৯২. রাজশাহী, কুমিল্লা, চট্টগ্রাম, যশোর ও বরিশাল বোর্ড ২০১৮ ▌প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৯৩. ঢাকা বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
৯৪. রাজশাহী বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৯৫. সিলেট বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
৯৬. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৮ .... panjeree.com/hsc
৯৭. যশোর বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৯৮. বরিশাল বোর্ড ২০১৭ ▌প্রশ্ন নং ৭ .... panjeree.com/hsc
৯৯. দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০০. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০১. রাজশাহী বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৫ .... panjeree.com/hsc
১০২. কুমিল্লা বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০৩. সিলেট বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০৪. যশোর বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc
১০৫. বরিশাল বোর্ড ২০১৫ ▌প্রশ্ন নং ৬ .... panjeree.com/hsc

বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা
পরীক্ষা ২০২৪ থেকে ২০২২

২ ঢাকা বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ক	২	ক	৩	ঘ	৪	ঘ	৫	খ	৬	খ	৭	ক	৮	গ	৯	ঘ	১০	খ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	ঘ
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	গ	১৭	গ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	খ	২২	গ	২৩	ক	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. গঠনমূলক ব্যতিচারের শর্ত হল দশা পার্থক্য হবে π এর জোড় গুণিতক। 4π হল π এর জোড় গুণিতক।

৪. ডোরা প্রস্থ, $\Delta x_1 = \frac{\lambda D_1}{2a_1}$ আবার, $a_2 = \frac{a_1}{2}$ এবং $D_2 = 2D_1$ সুতরাং $\Delta x_2 = \frac{\lambda D_2}{2a_2}$

বা, $\Delta x_2 = \frac{\lambda 2D_1}{2.\frac{a_1}{2}}$ বা, $\Delta x_2 = 4 . \frac{\lambda D_1}{2a_1} = 4 \times \Delta x_1$ পূর্বের মানের 4 গুণ।

৫. তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{V}{R} = \frac{400}{1000} = 0.4$ A

৬. কৃতকাজ, $W = \frac{V^2}{R} t = \frac{(400)^2}{1000} \times 10 = 1600$ Wh $= 1.6$ kWh

জানুয়ারি মাসে কাজ, $W = 1.6 \times 31$ kWh $= 49.6$ kWh

মোট বিদ্যুৎ খরচ $= 49.6 \times 5 = 248$ টাকা

৭. মোট তুল্যরোধ, $R_{eq} = (10 \parallel 12) + 20 = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{12}\right)^{-1} + 20 = 25.45\ \Omega$

প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{9}{25.45} = 0.35$ A

$I_1 = \frac{10}{12 + 10} \times 0.35 = 0.16$ A

১১. $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_E - I_B}{I_E} = \frac{8.5 \times 10^{-4} - 5.0 \times 10^{-5}}{8.5 \times 10^{-4}} = 0.94$

১৩. $P = \frac{h}{\lambda}$ আবার, $E = \frac{hC}{\lambda}$ বা, $E = PC \therefore P = \frac{E}{C}$

১৪. মোট শক্তি, $E = mc^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{\frac{c}{\sqrt{3}}}{c}\right)^2}} = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{1}{3}}}$

$= \frac{m_0c^2}{\sqrt{\frac{2}{3}}} = \sqrt{\frac{3}{2}}\, m_0c^2$

১৬. শ্রেণিতে তুল্য ধারকত্ব, $C_S = \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C}\right)^{-1} = \frac{C}{3}$ এবং সমান্তরালে তুল্য ধারকত্ব, $C_P = C + C + C = 3C \therefore C_S : C_P = \frac{C}{3} : 3C = 1 : 9$

২৪. $COP = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1} = \frac{450}{600 - 450} = \frac{450}{150} = 3$

৪ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	গ	৪	ক	৫	ক	৬	ঘ	৭	গ	৮	খ	৯	গ	১০	ক	১১	খ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	গ	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	*	১৯	ঘ	২০	গ	২১	খ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. গড় আয়ু $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{6.93 \times 10^{-3}}$ Y $= 144.3$ Y

৩. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ, $W = nRT \ln\frac{V_2}{V_1} = 1 \times 8.31 \times (273 + 40) \ln 2$ $= 1802.9$ J

৪. $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{0.98}{1 - 0.98} = 49$

৬. প্রতিসরাংক, $\mu = \tan\theta = \tan 60° = \sqrt{3}$

১৫. বিভব বিভাজক সূত্রানুসারে, $V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + r} \times V$

$= \frac{8}{8 + 3 + 1} \times 6 = 4V$

১৬. i. বর্তনীটি সরল হবে

ii. $R_P = 8 \parallel 3 = \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{3}\right)^{-1} = \frac{24}{11} = 2.18\ \Omega$

iii. হারানো বিভব, $V' = \frac{r}{R_1 + R_2 + r} \times V = \frac{1}{8 + 3 + 1} \times 6$

$= \frac{6}{12} = 0.5V$

১৭. কোষের সমান্তরাল সমবায়ে, $I = \frac{nE}{nR + r} \therefore I = \frac{2E}{2R + r}$

*১৮. সঠিক উত্তর: ফোটন।

২০. গোলকের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুর বিভব = গোলকের পৃষ্ঠে বিভব = $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{0.2} = 90$ Volt

২৩. $hf = K_{max} + hf_0$ বা, $6.63 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{15} = 1.2 \times 1.6 \times 10^{-19} + 6.63 \times 10^{-34} \times f_0$ বা, $f_0 = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{15} - 1.2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$

$= 4.7 \times 10^{15}$ Hz

২৪. $\lambda_{max} = \frac{c}{f_0} = \frac{3 \times 10^8}{4.7 \times 10^{15}} = 6.38 \times 10^{-8}$ m $= 638$ Å < 1000 Å

সুতরাং ইলেক্ট্রন নির্গত হবে না।

৬ রাজশাহী বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	গ	৪	ক	৫	গ	৬	ক	৭	ক	৮	*	৯	ঘ	১০	ক	১১	গ	১২	খ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	খ	১৭	ঘ	১৮	ক	১৯	গ	২০	খ	২১	গ	২২	গ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}} \times t} = e^{-\frac{\ln 2}{T} \times 6T} = e^{-6\ln 2} = e^{\ln 2^{-6}} = 2^{-6} = \frac{1}{64}$

*৮. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় অভ্যন্তরীণ শক্তি ও তাপমাত্রা স্থির থাকে। সিস্টেম তাপ শক্তি গ্রহণ করে ও সিস্টেমের উপর কাজ হয়।

কারণ $W = nRT \ln\frac{V_2}{V_1}$ $V_2 < V_1$ হলে, $W < 0$ হয়।

৯. কার্নো ইঞ্জিনের ৪র্থ ধাপটি হল রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় তাপ গৃহীত বা বর্জিত কোনটিই হয় না।

১০. $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$ $T_2 = 0$ হলে, $\eta = (1 - 0) \times 100\% = 100\%$

১২. $P = q \times 2l = It \times 2l$ ∴ মাত্রা সমীকরণ = LTI

১৬. কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই, $IR - 12 - 12 + Ir_1 + Ir_2 = 0$

বা, $I(R + r_1 + r_2) = 24$ বা, $I = \frac{24}{23 + 0.5 + 0.5} = 1A$

১৭. E_1 কোষ উল্টিয়ে সংযোগ দিলে, $IR - 12 + 12 + Ir_1 + Ir_2 = 0$

বা, $I(R + r_1 + r_2) = 0$ বা, $I = 0$ A

২১. $\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}$ আবার, $\Delta x = \frac{\lambda D'}{2 \times 3a}$ বা, $\frac{\lambda D}{2a} = \frac{\lambda D'}{2 \times 3a}$ বা, $D' = 3D$

২২. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{0}$ = অসীম

৮ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	খ	২	ঘ	৩	ক	৪	খ	৫	গ	৬	গ	৭	গ	৮	গ	৯	গ	১০	খ	১১	খ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	খ	২১	ঘ	২২	ক	২৩	খ	২৪	*	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $R = \frac{\rho L}{\pi r^2}$ ∴ $\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$ বা, $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{2}{8}} = \sqrt{\frac{1}{4}}$

$\therefore r_1 : r_2 = 1:2$

৪. $\frac{1}{2}mV^2_{max} = eV_0$ বা, $V_{max} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 0.96}{9.11 \times 10^{-31}}} = 5.81 \times 10^5\ ms^{-1}$

৫. $x_n = \frac{n\lambda D}{a} = \frac{5 \times 5200 \times 10^{-10} \times 1.2}{0.4 \times 10^{-3}} = 7.8 \times 10^{-3}\ m = 7.80\ mm$

৯. এন্ট্রপি $= \frac{dQ}{T} = \frac{\text{তাপশক্তি}}{\text{তাপমাত্রা}}$ ∴ মাত্রা হবে $\frac{ML^2T^{-2}}{K} = ML^2T^{-2}K^{-1}$

১৩. $\phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{1}{8.854 \times 10^{-12}} = 1.1 \times 10^{11}\ Nm^2C^{-1}$

১৫. $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$

বা, $I = \frac{I_1 \times (R_1 + R_2)}{R_2} = \frac{2 \times (3 + 6)}{6} = 3A$

১৯. $\Delta I_E = 150 - 100 = 50\ mA$, $\Delta I_C = 147 - 98 = 49\ mA$

$\Delta I_E = \Delta I_C + \Delta I_B$ বা, $\Delta I_B = \Delta I_E - \Delta I_C = 50 - 49 = 1\ mA$

∴ প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{49}{1} = 49$

*২৪. $\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \times t} = e^{-\frac{\ln 2}{1.8} \times 5.4} = e^{\ln 2^{-3}} = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$

∴ ক্ষয়প্রাপ্ত অংশ $\frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$ অংশ।

১০ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ক	২	ঘ	৩	ঘ	৪	খ	৫	ক	৬	গ	৭	খ	৮	ক	৯	খ	১০	খ	১১	ঘ	১২	ঘ	১৩	খ
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	খ	২০	*	২১	ঘ	২২	ক	২৩	গ	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $\mu = \tan\theta$ বা, সমবর্তন কোণ, $\theta = \tan^{-1}\mu = \tan^{-1}(1.52) = 56.65°$

১০. কার্যাপেক্ষক $\phi = hf_0$ বা, $f_0 = \frac{\phi}{h}$

বা, $f_0 = \frac{1.85 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 4.46 \times 10^{14}\ Hz$

১২. (i) ধনাত্মক চার্জ এর জন্য তড়িৎ বলরেখা বাইরের দিকে নির্গত হয়

(ii) একক দৈর্ঘ্যে চার্জ, $\lambda = \frac{q}{l} = \frac{6 \times 10^{-6}}{4}$

$= 1.5 \times 10^{-6}\ Cm^{-1}$

(iii) প্রাবল্য, $E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0}\frac{\lambda}{r} = \frac{2}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{\lambda}{r}$

$= 2 \times 9 \times 10^9 \times \frac{1.5 \times 10^{-6}}{2}$

$\approx 13.48 \times 10^3\ Vm^{-1}$

১৪. A ও B বিন্দুর মাঝে $R_1 = (2 + 2) = 4\Omega$, $R_2 = (6 + 6) = 12\Omega$, $R_3 = (2 + 4) = 6\Omega$, $R_4 = (4 + 4)\Omega = 8\Omega$ সমান্তরালে যুক্ত। তুল্যরোধ R_p হলে, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} + \frac{1}{6} + \frac{1}{8} = \frac{5}{8}$ ∴ $R_p = \frac{8}{5} = 1.60\Omega$

১৫. শ্রেণিতে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব, $C_s = (C \parallel C) = \frac{C}{2}$, সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব, $C_P = (C + C) = 2C$, $\frac{C_s}{C_p} = \frac{\frac{C}{2}}{2C} = \frac{1}{4}$ ∴ $C_s : C_p = 1:4$

১৬. $5\ cal = 5 \times 4.2\ J = 21\ J$

১৮. (i) $E = hf$ বা, $E \propto f$। কম্পাঙ্ক বেশি হলে শক্তি বেশি

(ii) $E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 6 \times 10^{14} = 3.97 \times 10^{-19} J$

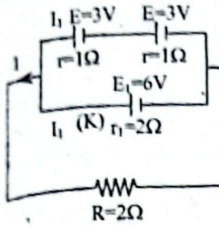
(iii) $E_n = nhf$ বা, $E_n = nE$ বা, $n = \frac{E_n}{E} = \frac{2 \times 10^{-3}}{3.97 \times 10^{-19}} \approx 5.02 \times 10^{15}$ টি

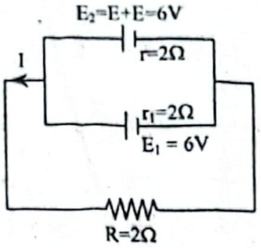
১৯. $N = N_0 e^{-\lambda t}$ বা, $\frac{N_0}{32} = N_0 e^{-\lambda \times 4000}$ বা, $ln\left(\frac{1}{32}\right) = -4000\lambda$

বা, $\lambda = \frac{ln\left(\frac{1}{32}\right)}{-4000} = 8.664 \times 10^{-4}\ yr^{-1}$

$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{8.664 \times 10^{-4}} = 800\ yr$

*২০.



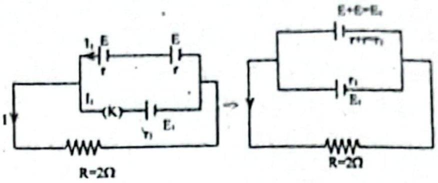


$\therefore E = 6V$

আবার, $I_1 = \frac{nE}{nR+r} = \frac{2 \times 6}{2 \times 2 + 2} = \frac{12}{6} = 2A$

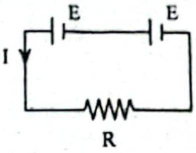
$\therefore V_{AB} = IR = 2 \times 2 = 4V$

২১.



চাবি বন্ধ থাকা অবস্থায়, $I = \frac{nE_1}{nR + r_1} = \frac{2 \times 6}{2 \times 2 + 2} = \frac{12}{6} = 2A$

চাবি খোলা থাকা অবস্থায়,



$I' = \frac{nE}{R + nr} = \frac{2 \times 3}{2 + 2 \times 1} = \frac{6}{4} = 1.5$ A

$\therefore \frac{I'}{I} = \frac{1.5}{2} = \frac{3}{4}$

১২ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	ক	৪	খ	৫	*	৬	ঘ	৭	ক	৮	ঘ	৯	গ	১০	খ	১১	ক	১২	গ	১৩	ক
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	গ	২২	খ	২৩	খ	২৪	ক	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $V = \frac{W}{q}$ বা, $w = Vq$। বিভব (V), চার্জ (q) এর গুণফল কাজ w এর একক J।

৩. $dQ = +400$ J, $dW = +200$ J, $dQ = dU + dW$ বা, $dU = dQ - dW = (400 - 200)$ J $= 200$ J

৪. $F = C\frac{q_1q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 2}{3^2} = 4 \times 10^9$ N

*৫. গসের সূত্রানুসারে, তড়িৎ ফ্লাক্স, $\varphi = \frac{q}{\epsilon_0}$ বা, $q = \varphi\epsilon_0$

১০. কার্যাপেক্ষক, $\varphi = hf_0 = 6.63 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{14} = 3.31 \times 10^{-19}$ J

১১. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ বা, $\eta = 1 - \frac{273 + 30}{273 + 120}$ বা, $\eta = 1 - \frac{303}{393} = 0.229 = 22.9\%$

১২. বিভব, $V = C\frac{Q}{r}$। A ও B বিন্দুর ক্ষেত্রে $r_A > r_B$ তাই বিভব $V_A < V_B$। আবার, গোলকের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুর বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান, তাই $V_B = V_C$

১৩. $P = VI$ বা, $I = \frac{P}{V} = \frac{20}{110} = 0.18$ A

১৮. ডোরাপ্রস্থ, $\beta = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{4850 \times 10^{-10} \times 0.8}{2 \times 0.4 \times 10^{-3}} = 4.85 \times 10^{-4}$ m $= 0.485$ mm

১৯. $x_n = \frac{n\lambda D}{a}$, n = 4 হলে, $x_4 = \frac{4\lambda D}{a} = \frac{4 \times 4850 \times 10^{-10} \times 0.8}{0.4 \times 10^{-3}} = 3.88$ mm

২৫. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে, $dU = 0$, তাই, $dQ = dW$ হয়।

১৪ সিলেট বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	খ	৪	খ	৫	ঘ	৬	ঘ	৭	গ	৮	ক	৯	খ	১০	ক	১১	ঘ	১২	ক	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৬. গতীয় রোধ, $R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.4}{0.1} = 4\Omega$ $[\because \Delta I = 100mA = 0.1A]$

৯. $T_{1/2} = 0.693\tau$ বা, $T_{1/2} \propto C\tau$ অর্থাৎ, $T_{1/2}$ বনাম τ লেখচিত্র $y = mx$ আকৃতির মূলবিন্দুগামী সরলরেখা।

১১. A বিন্দুতে রুদ্ধতাপীয় রেখার ঢাল, $m = \gamma\left(-\frac{P_A}{V_A}\right) = 1.4\left(-\frac{7}{2}\right)$

$= -4.9$

১২. AC সমোষ্ণ রেখার ক্ষেত্রে, $P_1V_1 = P_2V_2$ বা, $V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{7 \times 2}{3}$

$\therefore V_2 = \frac{14}{3} m^3$

১৫. ২য় কক্ষপথের জন্য, কৌণিক ভরবেগ, $L = \frac{nh}{2\pi} = \frac{2h}{2\pi} = \frac{h}{\pi}$

১৬. $C_p = 1\mu F + 1\mu F = 2\mu F$, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$ $\therefore C_s = 1\mu F$

১৭. ${}^{204}_{82}X \longrightarrow {}^{204}_{Z}Y + {}^{0}_{-1}e^-$ শর্তমতে, $82 = Z - 1$ $\therefore Z = 83$

২১. $Q = ne$ বা, $\eta = \frac{Q}{e} = \frac{2 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25$ যা ভগ্নাংশ হওয়ায় Q = 1.25 e^- চার্জের পরিমাণ হতে পারে না।

২২. $H = I^2Rt = (10)^2 \times 10 \times 60 = 6 \times 10^4$ J

২৪. P মেশিনের ক্ষেত্রে, $\frac{1}{2}mv^2 = eV_p$ বা, $v = \sqrt{\frac{2eV_p}{m}}$

বা, $v = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 50{,}000}{9.1 \times 10^{-31}}} = 1.32 \times 10^8 ms^{-1}$

২৫. ন্যূনতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$ বা, $\lambda \propto \frac{1}{V}$ বা, $\frac{\lambda_P}{\lambda_Q} = \frac{V_Q}{V_P} = \frac{30kV}{50kV} = \frac{3}{5}$

১৬ যশোর বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	গ	৪	ক	৫	খ	৬	খ	৭	খ	৮	খ	৯	খ	১০	ক	১১	গ	১২	ঘ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	খ	২০	খ	২১	খ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $x_n = \frac{n\lambda D}{a}$, n = 5 হলে, $x_5 = \frac{5 \times 5200 \times 10^{-10} \times 1.2}{0.4 \times 10^{-3}} = 7.8 \times 10^{-3}$m $= 7.8$mm

৩. i. উদ্দীপকের দ্বি-চিড় পরীক্ষণ ব্যতিচারের ফল।

ii. ব্যাতিচার দ্বারা সৃষ্ট সকল ডোরায় প্রস্থ সমান এবং এর মান $\frac{\lambda D}{2a}$

iii. ডোরা ব্যবধান $= \frac{\lambda D}{a} = \frac{5200 \times 10^{-10} \times 1.2}{0.4 \times 10^{-3}} = 1.56 \times 10^{-3}$ m $= 1.56$ mm

৬. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, $v = c$ হলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{0} =$ অসীম

৮. ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{A}_{Z}X$, এখানে, $14 + 4 = 17 + A$ বা, $A = 1$ এবং $7 + 2 = 8 + Z$ বা, $Z = 1$ ∴ X হল ${}^{1}_{1}P$ বা প্রোটন

১৩. $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = \frac{0.9}{0.1} = 9$

১৬. ওজোন O_3 বহুপরমাণুক গ্যাস-এর $\gamma = 1.33$ । এর $C_v = \frac{R}{\gamma - 1}$
এবং $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ∴ $C_p = \gamma C_v = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} = \frac{1.33 \times 8.314}{1.33 - 1} = 33.5\ Jmol^{-1}\ K^{-1}$

১৯. প্রাবল্য, $E = -\vec{\nabla}V = -\left(\frac{\delta v}{\delta x}\hat{i} + \frac{\delta v}{\delta y}\hat{j} + \frac{\delta v}{\delta z}\hat{k}\right) = -(6\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k})$
∴ $\vec{E} = -6\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}$ । $|\vec{E}| = \sqrt{(-6)^2 + 3^2 + (-2)^2} = \sqrt{49} = 7$ একক

২২. (i) ইস্ত্রি কর্তৃক ব্যয়িত শক্তি, $W_1 = Pt = \frac{1200}{1000} kW \times \frac{10}{60} hr = 0.2\ kWh$
(ii) $P = \frac{V^2}{R}$ বা, $R = \frac{V^2}{P}$ বা, $R \propto \frac{1}{p}$ । ইস্ত্রির ক্ষমতা বেশি, তাই এর রোধ কম।
(iii) টিভি সেট দ্বারা ব্যয়িত শক্তি, $W_2 = Pt = \frac{240}{1000} kW \times 1hr = 0.24 kWhr$ । $W_2 > W_1$ । TV সেট বেশি শক্তি ব্যয় করবে।

১৮ বরিশাল বোর্ড ২০২৪

উত্তর	১	(গ)	২	(গ)	৩	(খ)	৪	(গ)	৫	(গ)	৬	(ক)	৭	(খ)	৮	(গ)	৯	(ঘ)	১০	(ক)	১১	(গ)	১২	(ঘ)	১৩	(ক)
	১৪	(খ)	১৫	(খ)	১৬	(ঘ)	১৭	(ঘ)	১৮	(ঘ)	১৯	(গ)	২০	(ক)	২১	(খ)	২২	(ক)	২৩	(খ)	২৪	(ক)	২৫	(খ)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. ডোরা প্রস্থ, $\beta_1 = \frac{\lambda D_1}{2a_1}$ ∴ $a_2 = \frac{a_1}{2}$, $D_2 = 2D_1$ হলে, $\beta_2 = \frac{\lambda D_2}{2a_2}$
বা, $\beta_2 = \frac{\lambda . 2D_1}{2 \times \frac{a_1}{2}} = 4\frac{\lambda D_1}{2a_1} = 4\beta$

২. ব্যাসার্ধ, $R = r_0 A^{\frac{1}{3}} = 1.4\ fm \times (64)^{\frac{1}{3}} = 5.6\ fm$

৪. এক্ষেত্রে, বিভব পার্থক্য E ধ্রুবক, $H = \frac{E^2}{R}t$ বা, $H \propto \frac{1}{R}$ । তাই H বনাম R এর লেখচিত্র আয়তাকার অধিবৃত্ত হবে।

৫. দশা পার্থক্য, $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$ বা, $\frac{\pi}{4} = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x$ বা, $\Delta x = \frac{\lambda}{8}$
∴ পথ পার্থক্য $= \frac{\lambda}{8}$

৭. সংগ্রাহক প্রবাহ, $I_C = I_E - I_B = 0.85\ mA - 50\mu A = 0.85 \times 10^{-3} - 50 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-4} A = 0.80\ mA$
প্রবাহ বিবর্ধন গুণক,
$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.80}{0.85} = 0.94$

১৩. $E = hf$ বা, $h = \frac{E}{f}$ $[E] = ML^2T^{-2}$, $[f] = T^{-1}$
∴ $[h] = \frac{ML^2T^{-2}}{T^{-1}} = ML^2T^{-1}$

১৬. $Q_2 = 0J$ হলে, $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{0}{Q_1} = 1 = 100\%$

১৭. $T_{1/2} = 1.8$ day, $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = 0.385\ day^{-1}$, $N = N_0e^{-\lambda t}$
বা, $N = N_0e^{-0.385 \times 5.4} = \frac{N_0}{8}$

২৩. $\frac{P}{Q} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$, $\frac{R}{S} = \frac{30}{60} = \frac{1}{2}$ ∴ হুইটস্টোন ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় আছে।
$R_{S_1} = P + Q = 10 + 20 = 30\Omega$, $R_{S_2} = R + S = 30 + 60 = 90\Omega$,
$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_{S_1}} + \frac{1}{R_{S_2}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{90}$ ∴ $R_P = 22.5\Omega$

২৪. $I_P = \frac{E}{P+Q} = \frac{45}{10+20} = 1.5A$, $I_S = \frac{E}{R+S} = \frac{45}{30+60} = 0.5A$
$\frac{I_P}{I_S} = \frac{1.5}{0.5} = 3$ ∴ $I_P : I_S = 3 : 1$

২০ ঢাকা বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(ঘ)	২	(ক)	৩	(ঘ)	৪	(গ)	৫	(খ)	৬	(খ)	৭	(ক)	৮	(ক)	৯	(ঘ)	১০	(গ)	১১	(খ)	১২	(ঘ)	১৩	(খ)
	১৪	(ঘ)	১৫	(গ)	১৬	(ঘ)	১৭	(গ)	১৮	(খ)	১৯	(খ)	২০	(ঘ)	২১	(ঘ)	২২	(গ)	২৩	(গ)	২৪	(ক)	২৫	(ক)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6600 \times 10^{-10}} = 3.014 \times 10^{-19}\ J$

৫. $E = \phi + K_{max}$ বা, $K_{max} = E - \phi = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$
বা, $K_{max} = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \left(\frac{1}{6600 \times 10^{-10}} - \frac{1}{6800 \times 10^{-10}}\right)$
$= 8.9 \times 10^{-21}\ J$

৯. $W = \frac{1}{4}Q_1$ ∴ $\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\% = \frac{\frac{1}{4}Q_1}{Q_1} \times 100\% = 25\%$

১০. $\eta = 0.25 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ (i) $\eta' = 2\eta = 0.5$ আবার, $\eta' = 1 - \frac{T_2 - 30}{T_1}$
বা, $0.5 = \frac{T_2 - 30}{T_1}$ বা, $0.5\ T_1 = T_2 - 30$. (ii), (i) থেকে $\frac{T_2}{T_1} = 0.75$
বা, $T_2 = 0.75T_1$ (ii) থেকে $0.5\ T_1 = 0.75T_1 - 30$ বা, $0.25T_1 = 30$
∴ $T_1 = 120\ K$

১৩. $0 = \frac{C}{r}(+10 + 15 - 12 + x)$ বা, $25 - 12 + x = 0$ ∴ $x = -13\ C$

১৯. $R_p = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.4 - 0.3}{(70 - 20) \times 10^{-3}} = \frac{0.1}{50 \times 10^{-3}} = 2\ \Omega$

২০. Q = It, I এর একক অ্যাম্পিয়ার, t এর একক ঘণ্টা হলে আধান Q এর একক অ্যাম্পিয়ার ঘণ্টা;

২২. $n = \frac{20}{2} = 10$, শান্ট, $S = \frac{R}{n-1} = \frac{1.8}{10-1} = 0.2\ \Omega$

২৫. ডোরা প্রস্থ, $\beta = \frac{\lambda D}{2a}$, $a_1 = 2a$, $D_1 = 2D$ হলে, $\beta_1 = \frac{\lambda D_1}{2a_1}$
বা, $\beta_1 = \frac{\lambda.(2D)}{2.2a} = \frac{\lambda D}{2a} = \beta$

২২ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(গ)	২	(গ)	৩	(ক)	৪	(খ)	৫	(ঘ)	৬	(খ)	৭	(ক)	৮	(ক)	৯	(ক)	১০	(গ)	১১	(ঘ)	১২	(গ)	১৩	(গ)
	১৪	(খ)	১৫	(ঘ)	১৬	(খ)	১৭	(ঘ)	১৮	(খ)	১৯	(খ)	২০	(ক)	২১	(গ)	২২	(খ)	২৩	(ক)	২৪	(ঘ)	২৫	(খ)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $W = VQ$ বা, $V = \frac{W}{Q} = \frac{W}{It}$ $[V] = \frac{ML^2T^{-2}}{A \times T} = ML^2T^{-3}A^{-1}$

২. ধারকত্ব, $C = 4\pi\varepsilon_0 r$ বা, $1 = 4\pi\varepsilon_0 r$ বা, $r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9\ m$

৪. শান্টের গুণক $= \frac{G+S}{S} = \frac{200+5}{5} = \frac{205}{5}$

৫. $R_1 = \rho\frac{L_1}{A_1}$, $A_1L_1 = A_2L_2$ বা, $A_1L_1 = A_2.2L_1$ বা, $A_2 = \frac{A_1}{2}$

$R_2 = \frac{\rho L_2}{A_2} = \rho\frac{2L_1}{\frac{A_1}{2}} = 4\frac{\rho L_1}{A_1} = 4R_1 = 4.2\,R = 8\,R$

১৭. $c = f\lambda$ বা, $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{0.03 \times 10^{-2}} = 10^{12}$ Hz

১৮. গতিশক্তি $K = (m - m_0)c^2$ বা, $m_0c^2 = (m - m_0)c^2$ বা, $m_0 = m - m_0$

বা, $m = 2m_0$ বা, $\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2m_0$ বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$ বা, $\frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4}$ বা,

$v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$, ভরবেগ, $P = mv = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \times \frac{\sqrt{3}}{2}C = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{3}{4}}} \times \frac{\sqrt{3}}{2}C$

$= \sqrt{3}\,m_0c$

১৯. $\phi = \frac{hc}{\lambda_0}$ বা, $\lambda_0 = \frac{hc}{\phi} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.4 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 5.18 \times 10^{-7}$ m

২০. (i) $E_0 = m_0c^2 = 0.1 \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{15}$ J

(ii) $v = 1.8 \times 10^8\ ms^{-1} = 0.6\,c$ $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{0.1}{\sqrt{1 - (0.6)^2}}$

$= 0.125$ kg; $K = (m - m_0)\,c^2 = (0.125 - 0.1) \times (3 \times 10^8)^2$
$= 2.25 \times 10^{15}$ J

(iii) $v' = \frac{v}{2} = 0.3c$ হলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (0.3)^2}}$

$= 1.05\,m_0 \neq 0.5\,m_0$

২২. $\frac{1}{2}mv^2 = ms\Delta\theta$ বা, $\Delta\theta = \frac{v^2}{2s} = \frac{(20)^2}{2 \times 1.26} = 158.73$ K

২৪ রাজশাহী বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	খ	২	খ	৩	ক	৪	ক	৫	গ	৬	ঘ	৭	গ	৮	ঘ	৯	ঘ	১০	খ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	ক
	১৪	খ	১৫	খ	১৬	গ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	ক	২২	গ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $R_{eq} = 10 \| 4 + 2 = \frac{10 \times 4}{10 + 4} + 2 = \frac{34}{7}\,\Omega$

৩. $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{10}{\frac{34}{7}} = 2.06$ A, $I_1 = \frac{10}{10 + 4}I = \frac{10}{14} \times 2.06 = 1.47$ A

$I_2 = \frac{4}{10 + 4} \times I = \frac{4}{14} \times 2.06 = 0.589A$ $\therefore I > I_1 > I_2$

১২. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = \frac{9.1 \times 10^{-3}}{\sqrt{1 - (0.8)^2}} = 1.516 \times 10^{-30}$ kg

১৩. $K = (m - m_0)c^2 = (1.516 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2$
$\therefore K = 5.454 \times 10^{-14}$ J

১৬. $E_n = -\frac{1}{2} \times \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_n}$, $E_p = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_n}$ $\therefore \frac{E_n}{E_p} = \frac{\frac{1}{2}}{1} = \frac{1}{2}$

১৭. i. $\overline{(A + \overline{B})\,(B + \overline{A})} = \overline{AB + A\overline{A} + B\overline{B} + \overline{A}\,\overline{B}} = \overline{AB + \overline{A}\,\overline{B}}$

ii. $\overline{AB + \overline{A}\,\overline{B}} = \overline{\overline{A \oplus B}} = A \oplus B$

১৮. $\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{80}{81} = 0.9877$, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $I_C = \alpha I_E = 0.9877 \times 9.8 = 9.68$ mA; $I_E = I_B + I_C$

বা, $I_B = I_E - I_C = 9.8 - 9.68 = 0.12$ mA

২১. $dS = \frac{dQ}{T} = \frac{ml_f}{T} = \frac{0.04 \times 336000}{273} = 49.2\ JK^{-1}$

২৪. $C_s = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{60}\right)^{-1} = 15\mu F$

২৫. C_1 ও C_2 শ্রেণিতে থাকায়, $Q_1 = Q_2$ বা, $C_1V_1 = C_2V_2$

বা, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{60}{20} = \frac{3}{1}$ $\therefore V_1 : V_2 = 3 : 1$.

২৬ দিনাজপুর বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	খ	২	খ	৩	ক	৪	ক	৫	গ	৬	ক	৭	ক	৮	ক	৯	ক	১০	ঘ	১১	খ	১২	খ	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	খ	১৯	গ	২০	ক	২১	গ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x$ বা, $\Delta x = \frac{\lambda}{2\pi} \times \delta = \frac{\lambda}{2\pi} \times \pi = \frac{\lambda}{2}$

৯. $R_s = 0.1 + 0.1 + 4 = 4.2\,\Omega$, $V = 4V + 4V = 8$ V

$\therefore I = \frac{V}{R_s} = \frac{8}{4.2} = 1.904$ A

১০. বিপরীতক্রমে সংযুক্ত করলে, $V = 4 - 4 = 0V$.

১২. $(101001)_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
$= 32 + 8 + 1$
$= (41)_{10}$

১৬. $q = ne$ বা, $n = \frac{q}{e} = \frac{2}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{19}$

১৯. $\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{0.693t}{T_{1/2}}}$ বা, $\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{0.693 \times 4.8}{1.2}} = 0.0625$

$N = 0.0625\,N_0$ $\therefore \frac{N_0 - N}{N_0} = \frac{15}{16}$

২৪. ${}_ZP - \alpha \rightarrow P_{Z-2}$
$Q - \gamma \rightarrow P_{Z-2} - \gamma \rightarrow P_{Z-2}$
$R - \beta \rightarrow P_{z-1}$

২৫. $E = h\upsilon = 6.634 \times 10^{-34} \times 4.5 \times 10^{14}\ J = \frac{6.634 \times 10^{-34} \times 4.5 \times 10^{14}}{1.6 \times 10^{-19}}$
$= 1.86$ eV.

২৮ কুমিল্লা বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	ঘ	৪	গ	৫	ঘ	৬	গ	৭	গ	৮	ঘ	৯	ক	১০	গ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	ক	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	ক	২১	গ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{3}$, $I \propto A^2$ $\therefore \frac{I_{max}}{I_{min}} = \left(\frac{A_2 + A_1}{A_2 - A_1}\right)^2 = \left(\frac{3 + 1}{3 - 1}\right)^2 = \frac{4^2}{2^2} = \frac{16}{4} = \frac{4}{1}$

৫. $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ বা, $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)$

বা, $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{9 - 4}{36}\right) = \frac{5R}{36}$ $\therefore \lambda = \frac{36}{5R}$

৬. $\phi = \frac{hc}{\lambda_0}$ বা, $\lambda_0 = \frac{hc}{\phi} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 3.1 \times 10^{-7}$ m $= 310$ nm

৭. $E = 2E_0$ বা, $mc^2 = 2m_0c^2$ বা, $m = 2m_0$ বা, $\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2m_0$

বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$ বা, $\frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4}$ $\therefore v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$

৯. ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \to {}^{17}_{8}O + {}^{a}_{b}X$, এখানে, $14 + 4 = 17 + a \therefore a = 1$ এবং $7 + 2 = 8 + b \therefore b = 1 \therefore$ এটি হল ${}^{1}_{1}X$ বা প্রোটন।

১০. $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{1600} = 4.33 \times 10^{-4}\,yr^{-1}$

$N = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $N = N_0e^{-4.33 \times 10^{-4} \times 6400} = \frac{N_0}{16} \therefore \frac{N}{N_0} = \frac{1}{16}$

১৩. $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = 0.96, \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.96}{1-0.96} = 24$

১৬. $P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$ বা, $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$ $P_2 = P_1 + P_1 \times 5\% = 1.05\,P_1$

$\therefore \left(\frac{1.05\,P_1}{P_1}\right)^{\frac{1}{1.4}} = \frac{V_1}{V_2}$ বা, $\frac{V_1}{V_2} = 1.0355$ বা, $V_2 = \frac{V_1}{1.0355} = 0.9657\,V_1$

$\frac{\Delta V}{V_1} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{V_1 - 0.9657\,V_1}{V_1} \times 100\% = 3.42\%$

১৮. $\frac{6.4 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4$ যা পূর্ণসংখ্যা।

২৪. $R_{eq} = 10 \parallel (5 + 5) = 5\Omega, I = \frac{E}{R_{eq} + r} = \frac{3}{5 + 0.5} = 0.55\,A$

$I_1 = \frac{I}{2} = 0.27\,A$

২৫. হারানো ভোল্ট, $V = Ir = 0.55 \times 0.5 = 0.27\,V$

৩০ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(গ)	২	(ক)	৩	(গ)	৪	(খ)	৫	(খ)	৬	(ক)	৭	(ক)	৮	(গ)	৯	(খ)	১০	(খ)	১১	(ক)	১২	(ক)	১৩	(ক)
	১৪	(খ)	১৫	(ঘ)	১৬	(খ)	১৭	(গ)	১৮	(ঘ)	১৯	(গ)	২০	(ঘ)	২১	(গ)	২২	(খ)	২৩	(গ)	২৪	(ঘ)	২৫	(ক)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $\frac{C_p}{C_v} = \gamma \therefore C_p = \frac{5}{3}C_v$

$C_p - C_v = R$ বা, $C_v\left(\frac{5}{3} - 1\right) = R \therefore C_v = \frac{3}{2}R$

৪. $E = m_0c^2 = 9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2 = 8.19 \times 10^{-14}\,J$

৫. $\frac{m}{m_0} = \frac{\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = \frac{5}{3}$

১৫. $P = \frac{V_9^2}{R} \Rightarrow V_9 = \sqrt{36 \times 9} = 18\,V = V_6.$

$I_9 = \frac{P}{V_9} = \frac{36}{18} = 2A, I_6 = \frac{V_6}{R_6} = \frac{18}{6} = 3A$

$V_2 = I_2 \times R_2 = (3 + 2) \times 2 = 10\,V$

১৭. $\eta = 0.6 = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{17 + 273}{T_1}$ বা, $T_1 = 725\,K = 452°C$

২০. দশা পার্থক্য = পথ পার্থক্য × $\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{3\lambda}{4} \times \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{3}{2}\pi$

৩২ সিলেট বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(গ)	২	(ক)	৩	(গ)	৪	(খ)	৫	(খ)	৬	(ঘ)	৭	(ক)	৮	(ঘ)	৯	(খ)	১০	(গ)	১১	(খ)	১২	(খ)	১৩	(খ)
	১৪	(খ)	১৫	(ক)	১৬	(খ)	১৭	(ক)	১৮	(গ)	১৯	(খ)	২০	(খ)	২১	(ঘ)	২২	(গ)	২৩	(ক)	২৪	(ক)	২৫	(খ)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $1 - \frac{T_2}{T_1} = \left(1 - \frac{227 + 273}{427 + 273}\right) \times 100\% = 28.5\%$

৪. $Q = dU + W$ বা, $400 = dU + 1200$ বা, $dU = 800 - 1200 = -400\,J$

৫. ধীরে ধীরে তাপশক্তি সরবরাহ করা হলে সিস্টেমটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া হবে।

$Q = dU + W$ বা, $W + 0 = 800 \therefore W = 800\,J$

৮. Ge একটি অর্ধপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী পদার্থের রোধের উষ্ণতা গুণক ঋণাত্মক হয়।

১০. $\left(\frac{4 \times 4}{4 + 4}\right) || \left(\frac{4 \times 4}{4 + 4}\right) = 2 + 2 = 4\,\mu F$

১১. $U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times 100^2 = 0.02\,J$

১৬. $I = \frac{E}{R + I} = \frac{8 + 8}{10 + 2 + 2} = 1.14\,A$

৩৪ যশোর বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(গ)	২	(খ)	৩	(খ)	৪	(ক)	৫	(খ)	৬	(ক)	৭	(ক)	৮	(ঘ)	৯	(খ)	১০	(ঘ)	১১	(ক)	১২	(খ)	১৩	(খ)
	১৪	(ক)	১৫	(গ)	১৬	(খ)	১৭	(ঘ)	১৮	(গ)	১৯	(খ)	২০	(গ)	২১	(গ)	২২	(গ)	২৩	(গ)	২৪	(ঘ)	২৫	(খ)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ বা, $\ln\frac{N}{N_0} = \ln e^{-\lambda t} = -\lambda t$

বা, $t = -\frac{1}{\lambda}\ln\frac{N}{N_0}$

৩. $n = 3 \therefore x = (2n - 1)\frac{\lambda}{2} = (2.3 - 1)\frac{\lambda}{2} = \frac{5\lambda}{2}$

৫. $R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.6 - 0.4}{(200 - 50) \times 10^{-3}} = 1.33\,\Omega$

৬. $P = PI$ বা, $I = \frac{P}{V} = \frac{44}{220} = 0.2\,A$

৭. $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r}(6 + 14 - 12 + q) = 0$

বা, $6 + 14 - 12 + q = 0$ বা, $q = -8C$

১৪. দশা পার্থক্য $\frac{\pi}{2}$ হলে, $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}m$

১৫. $\vec{S} = 40\hat{j} \therefore \phi = \vec{E}.\vec{S} = (2\hat{i} + 5\hat{j} + 6\hat{k}).40\hat{j} = 5 \times 40 = 200\,Nm^2C^{-1}$

১৯. $TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = C$ বা, $\ln T + \frac{1-\gamma}{\gamma}\ln p + \ln C$ বা, $\ln T = \frac{\gamma - 1}{\gamma}\ln P + \ln C$

২১. $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-\lambda \times \frac{1}{\lambda}} = e^{-1} = N = 0.37\,N_0$

৩৬ বরিশাল বোর্ড ২০২৩

উত্তর	১	(ক)	২	*	৩	(ক)	৪	(ঘ)	৫	(খ)	৬	(খ)	৭	(খ)	৮	(খ)	৯	(ক)	১০	(গ)	১১	(ঘ)	১২	(খ)	১৩	(গ)
	১৪	(ঘ)	১৫	(ক)	১৬	(গ)	১৭	(গ)	১৮	(ঘ)	১৯	(খ)	২০	(ক)	২১	(গ)	২২	(ঘ)	২৩	(ঘ)	২৪	(খ)	২৫	(ঘ)		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $\frac{F-32}{9} = \frac{C}{5}$ বা, $\frac{2C-32}{9} = \frac{C}{5}$ বা, $10C - 160 = 9C$ $\therefore C = 160°C$
$\therefore F = 320°F$

৫. $R = \rho \times \frac{l}{A}$ বা, $l = \frac{R \times A}{\rho} = \frac{12 \times \frac{\pi}{4}(3 \times 10^{-3})^2}{1.8 \times 10^{-8}} = 4.71 \times 10^3 m$

৯. $P_1 = \frac{V_1^2}{R}$ এবং $P_2 = \frac{(.98V_1)^2}{R}$ $\therefore \frac{P_1 - P_2}{P_1} = 1 - \frac{1 - 0.98^2}{1} \times 100\% = 4\%$

১২. $V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{2}{AB} + \frac{4}{AB}\right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{6}{AB}$

$V_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{2}{\frac{1}{2}AB} + \frac{4}{\frac{1}{2}AB}\right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{12}{AB}$

$\therefore V_A < V_D$

১৭. $L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} < 9.29$ বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} < \left(\frac{9.29}{10}\right)^2$ $\therefore v > 0.37c$

১৯. $(COP)_{max} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{-8 + 273}{(27 + 273) - (-8 + 273)} = 7.57$

২২. $\overline{A.\overline{B}} = \overline{A} + B$

৩৮ ঢাকা বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	ঘ	৪	গ	৫	ঘ	৬	ক	৭	খ	৮	ক	৯	গ	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	গ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	খ	২২	ঘ	২৩	গ	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $W = P\Delta V = 1 \times 10^5 \times (0.05 - 0.04) = 1000 J$

৬. $p = q \times 2l = 5 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-8} Cm$

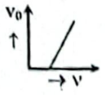
৭. $\tau = pE \sin\theta = 2 \times 10^{-8} \times 2 \times 10^4 \times \sin 90° = 4 \times 10^{-4} Nm$

৮. $Q = ms\Delta\theta = i^2Rt$ বা, $\Delta\theta = \frac{i^2Rt}{ms}$ $\therefore \theta = \theta_0 + \Delta\theta = \theta_0 + \frac{i^2Rt}{ms}$

θ কে y, θ_0 কে c, i^2 কে x ধরলে, $y = mx + c$ আকৃতির সরলরেখা হবে।

১৩. $E = \phi + K_{max}$ বা, $h\nu = h\nu_0 + eV_0$ বা, $V_0 = \frac{h(\nu - \nu_0)}{e}$

$\therefore \nu = \nu_0$ হলে, $V_0 = 0$



১৪. $v = \frac{c}{\sqrt{3}}$, $E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}c^2 = m_0c^2.\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2}} = \sqrt{\frac{3}{2}}\, m_0c^2$

১৬. $1\ amu = 1.66 \times 10^{-27} kg$, $E = mc^2 = 1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 J$
$= \frac{1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2}{1.6 \times 10^{-19} \times 10^6} MeV$
$= 932 MeV$

১৮. $^{40}_{18}Ar$ ও $^{40}_{20}Ca$ উভয়ের ভর সংখ্যা 40। তাই এরা আইসোবার।

২০. বন্ধন শক্তি, $B = \Delta mc^2 = (0.0377 \times 931.5) MeV = 35.1 MeV$

২১. $V_p < V_n$ হলে ডায়োড reverse bias হয়।

২৩. $\frac{P}{Q} = \frac{l}{100 - l}$ বা, $\frac{8.5}{3.5} = \frac{l_1}{100 - l_1}$ বা, $850 - 8.5l_1 = 3.5l_1$
বা, $l_1 = \frac{850}{12} = 70.83cm$

৪০ ময়মনসিংহ বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	খ	২	খ	৩	ক	৪	ক	৫	ঘ	৬	ক	৭	ঘ	৮	গ	৯	ক	১০	গ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	ঘ
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	খ	১৭	ঘ	১৮	ঘ	১৯	খ	২০	খ	২১	ক	২২	গ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $C = 4\pi\epsilon_0 r = 4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 6500 \times 10^3 = 7.22 \times 10^{-4} F$
$= 722 \times 10^{-6} F = 722 \mu F$

৪. $E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{17} = 1.989 \times 10^{-16} J$

৫. i) রশ্মির বেগ হবে আলোর বেগের সমান অর্থাৎ $3 \times 10^8\ ms^{-1}$।

ii) $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^{17}} = 1 \times 10^{-9} m = 10 Å$।

iii) $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{10 \times 10^{-10}} = 6.63 \times 10^{-25} kgms^{-1}$।

৬. $n = \frac{10}{1} = 10$, $s = \frac{G}{n - 1} = \frac{1.8}{10 - 1} = 0.2 \Omega$

১০. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

বা, $T_1 = \frac{T_2}{1 - \eta} = \frac{273 + 27}{1 - 0.5} = 600 K$

১১. i) $\eta' = 1 - \frac{T_2}{T'_1}$ বা, $T'_1 = \frac{T_2}{1 - \eta'} = \frac{273 + 27}{1 - 0.6} = 750 K$

ii) $\eta' = 1 - \frac{T'_2}{T_1}$ বা, $T'_2 = (1 - \eta') \times T_1 = (1 - 0.6) \times 600 = 240 K$

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা কমাতে হবে $(T_2 - T'_2) = (273 + 27 - 240) K$
$= 60 K$

iii) উৎসের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে $(T'_1 - T_1) = 750 - 600 = 150 K$

১৫. $U = \frac{1}{2}CV^2$, $C = \frac{2U}{V^2} = \frac{2 \times 14.9 \times 10^{-7}}{150^2} = 1.3 \times 10^{-10} F$

২০. $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{273}{273 + 100}\right) \times 100$
$= \left(1 - \frac{273}{373}\right) \times 100 = 26.8\%$

২৪. $B = \Delta mc^2 = 0.0377\ amu \times c^2 = 0.0377 \times \frac{931 MeV}{c^2} \times c^2 = 35.2 MeV$

৪২ রাজশাহী বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	ঘ	৪	গ	৫	ক	৬	গ	৭	গ	৮	ক	৯	খ	১০	ঘ	১১	খ	১২	ক	১৩	ঘ
	১৪	গ	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	খ	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. সমআয়তন প্রক্রিয়া, $\Delta V = 0$, $\Delta W = P\Delta V = 0$ $\therefore \Delta Q = \Delta U$ তাপ প্রয়োগ করলে, $\Delta Q \rightarrow (+)$, $\Delta U \rightarrow (+)$, সিস্টেমের তাপমাত্রা ও গতিশক্তি বাড়ে। $PV = nRT$ সূত্রানুসারে T বাড়লে P ও বাড়ে।

৬. $R_1 = \frac{\rho L_1}{A_1}$, টেনে 3 গুণ করলে, $L_2 = 3L_1$, আবার, আয়তন অপরিবর্তিত থাকায়, $A_1L_1 = A_2L_2 \Rightarrow A_1L_1 = A_2 \times 3L_1$ $\therefore A_2 = \frac{A_1}{3}$

$$R_2 = \frac{\rho L_2}{A_2} = \rho\frac{3L_1}{\frac{A_1}{3}} = 9\frac{\rho L_1}{A_1} = 9R_1$$

৮. $P = \frac{V^2}{R}, R = \frac{V^2}{P} = \frac{(200)^2}{25} = 1600\Omega$

১০. $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9$

১৩. $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{5}, N = N_o e^{-\lambda t} \Rightarrow N = N_o e^{-\frac{0.693}{5}\times 25}$

$\therefore N = 0.03127\,N_o$

$\therefore$ ক্ষয়প্রাপ্ত হবে, $\Delta N = N_o - N$
$= N_o - 0.03127\,N_o = 0.9687N_o$
$= 9.687 \times 10^{-1}\,N_o$

১৪. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1\times10^{-31}}{\sqrt{1-\left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = \frac{9.1\times10^{-31}}{\sqrt{1-(0.8)^2}}$
$= 15.17 \times 10^{-31}\,kg$

১৬. অন্ধকার ডোরার জন্য, $\Delta x = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ । এখন, $\Delta x = \frac{\lambda}{2}$ এর জন্য দশা পার্থক্য, $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times (2n+1)\frac{\lambda}{2} = (2n+1)\pi = 2n\pi + \pi$

১৯. $I = I_s + I_G, I_s = 40I_G, i_G = 0.1A$
$I = 40I_G + I_G = 41I_G = 41 \times 0.1\,A = 4.1A$

২২. $E = mc^2 = 1.66 \times 10^{-27} \times (3\times10^8)^2 = 1.494\times10^{-10}\,J$
$= \frac{1.494\times10^{-10}}{1.6\times10^{-19}}\,eV$
$= 9.338 \times 10^8\,eV$

৪৪ দিনাজপুর বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	*	২	(ঘ)	৩	(ক)	৪	(ক)	৫	(ঘ)	৬	(ঘ)	৭	(ক)	৮	(খ)	৯	(খ)	১০	(ক)	১১	(গ)	১২	(ক)	১৩	(গ)
	১৪	(খ)	১৫	(ঘ)	১৬	(ঘ)	১৭	(ক)	১৮	(ক)	১৯	(ক)	২০	(খ)	২১	(ঘ)	২২	(গ)	২৩	(ক)	২৪	(খ)	২৫	(ঘ)		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

*১. জার্মেনিয়াম কেলাসের শক্তিফাঁক 0.7 eV ।

৪. $C_s = \frac{C}{n}$ এবং $C_p = nC$, সুতরাং, $\frac{C_p}{C_s} = \frac{nC}{\frac{C}{n}} = n^2$ বা, $C_p = n^2C_s$

৫. $U_s = \frac{1}{2}C_sV^2$ এবং $U_p = \frac{1}{2}C_pV^2$ বা, $\frac{U_p}{U_s} = \frac{\frac{1}{2}C_pV^2}{\frac{1}{2}C_sV^2}$

বা, $\frac{U_p}{U_s} = \frac{n^2C}{C}$ বা, $Up = n^2u_s$ ।

৯. $\mu = \tan\theta_1$ বা, $\theta_1 = \tan^{-1}\mu = \tan^{-1} 1.33 = 53°$ ।

১১. $\phi = hf_0 = 6.63 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{14} = 3.3 \times 10^{-19}\,J$

১২. $hf = K_{max} + \phi$ বা, $f = \frac{3\times1.6\times10^{-19}+3.3\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}} = 2.43\times10^{15}\,Hz$

১৩. x এর পারমাণবিক সংখ্যা = (2 + 2) – 3 = 1 এবং ভর = (4 + 4) – 7 = 1
সুতরাং, ${}^{1}_{1}X = {}^{1}_{1}H$; ${}^{1}_{1}H$ = প্রোটন ।

২৪. $\eta' = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ বা, $\frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta$ বা, $T_1 = \frac{T_2}{1-\eta} = \frac{360}{1-0.4}$
$= 600\,K$

২৫. $\eta' = 2 \times 40\% = 0.8 = 1 - \frac{T_2}{T'_1}$ বা, $T'_1 = \frac{T_2}{1-0.8} = \frac{360}{1-0.8}$
$= 1800K$

উৎসের তাপমাত্রা বাড়াতে হবে, $T'_1 - T_1 = 1800 - 600 = 1200\,K$

৪৬ কুমিল্লা বোর্ড ২০২২

উত্তর	১	(গ)	২	(খ)	৩	(ঘ)	৪	(গ)	৫	(ক)	৬	*	৭	(গ)	৮	(খ)	৯	(ঘ)	১০	(গ)	১১	(গ)	১২	(খ)	১৩	(ঘ)
	১৪	(খ)	১৫	(ক)	১৬	(ক)	১৭	(ক)	১৮	(গ)	১৯	(গ)	২০	(ক)	২১	(ঘ)	২২	(খ)	২৩	(ক)	২৪	(গ)	২৫	(খ)		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

২. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ বা, $50 = \Delta U + 20$ বা, $\Delta U = 50 - 20 = 30J$

৩. কেন্দ্র থেকে 25cm দূরে বিভব হবে পৃষ্ঠের বিভবের সমান, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r} = 9\times10^9 \times \frac{5\times10^{-11}}{1} = 0.45\,V$ ।

৪. $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ বা, $S = \frac{QR}{P} = \frac{20\times25}{10} = 50\Omega$ বা, $\frac{1}{50} = \frac{1}{x} + \frac{1}{100}$
বা, $\frac{1}{x} = \frac{1}{50} - \frac{1}{100} = \frac{2-1}{100}$ বা, $x = \frac{100}{2-1} = 100\,\Omega$

*৬. $\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{3\lambda}{2} = 3\pi = 3\pi$; যা $3\pi - 2\pi = \pi$ দশাপার্থক্যের সমতুল্য ।

৮. $E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 4 \times 10^{15} = 2.652 \times 10^{-18} = 26.52 \times 10^{-19}\,J$

১১. তুল্যরোধ, $R = (10+2) \parallel 12 + 18 = \frac{12\times12}{12+12} + 18 = 6 + 18 = 24\,\Omega$

১২. $18\,\Omega$ রোধের মধ্যে প্রবাহ হবে মোট প্রবাহ, $I = \frac{V}{R} = \frac{5}{24} = 0.2\,A$ ।

১৪. $H = I^2Rt = 1^2 \times 1 \times 1 = 1J = 0.24\,cal$

১৮. $H \propto I^2, I_2 = 5I_1, \frac{H_2}{H_1} = \frac{I_2^2}{I_1^2}$ বা, $H_2 = \frac{(5I_1)^2}{I_1^2} \times H_1$

বা, $H_2 = 25\,H_1$

৪৮ চট্টগ্রাম বোর্ড ২০২২

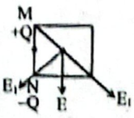
উত্তর	১	(গ)	২	(গ)	৩	(খ)	৪	(খ)	৫	(ক)	৬	(ঘ)	৭	(ঘ)	৮	(ক)	৯	(ঘ)	১০	(ক)	১১	(গ)	১২	(খ)	১৩	(গ)
	১৪	(খ)	১৫	(গ)	১৬	(গ)	১৭	(ক)	১৮	(খ)	১৯	(ঘ)	২০	(খ)	২১	(খ)	২২	(ঘ)	২৩	(ক)	২৪	(ক)	২৫	(গ)		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

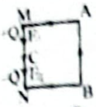
২. $(19\,E)_{16} = 1\times16^2 + 9\times16^1 + 14\times16^0$ [যেহেতু E = 16]
$= 256 + 144 + 14 = 414$ । সুতরাং $(19\,E)_{16} = (414)_{10}$

৩. $t = -\frac{1}{\lambda}\ln\frac{N}{N_0}$ বা, $t = -\frac{T_{\frac{1}{2}}}{0.693}\ln\frac{N_0}{16N_0}$ বা, $1 = -\frac{T_{\frac{1}{2}}}{0.693}\ln\frac{1}{16}$
বা, $T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\ln 16} = 0.24d = 5.99$ ঘণ্টা ≈ 6 ঘণ্টা

১২.



E এর দিক নিচের দিকে

১৩. 

C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য, $E_C = E_1 + E_2$ যা সর্বোচ্চ।

২১. A বিন্দুর বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান হবে। তাই $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-10}}{4 \times 10^{-2}} = 45\text{ V}$$

২২. A বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য, $E_A = 0$ তাই $\frac{E_B}{E_A} = \frac{E_B}{0} = \infty$ অর্থাৎ E_B = অসীম $\neq E_A$

২৪. ${}^{206}_{80}Y - \beta = X$ বা, $X = X^{206}_{81}$ তাই X ও Y আইসোবার

৫০ সিলেট বোর্ড ২০২২

উত্তর																									
	১	ক	২	খ	৩	গ	৪	*	৫	ক	৬	ঘ	৭	ক	৮	ঘ	৯	ক	১০	খ	১১	গ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ঘ	১৮	ক	১৯	গ	২০	গ	২১	গ	২২	খ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

২. ${}^{40}_{20}Ca$ এ নিউট্রন সংখ্যা = 40 − 20 = 20, ${}^{39}_{19}K$ এ নিউট্রন সংখ্যা = 39 − 19 = 20। এজন্য এরা আইসোটোন।

৩. $F = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B$ ∴ বর্তনীটি X-OR গেট নির্দেশ করে।

*৪. $F = \bar{A}B + A\bar{B}$, $A = 0, B = 1$ হলে, $F = \bar{0}1 + 0.0 = 1 + 0 = 1$

$A = 1, B = 0$ হলে, $F = \bar{1}.0 + 1.\bar{0} = 0 + 1 = 1$
সুতরাং খ ও গ উভয়ই সঠিক।

৬. i ফোটনের স্থির ভর শূন্য হয়।

৭. $P = VI = 220 \times 6 = 1320W$, 90W-এর বাল্বসংখ্যা $= \frac{P}{90} = \frac{1320}{90} = 14.67$ ∴ $n = 11 < 14$

১১. $C_v = \frac{R}{r-1} = \frac{R}{\frac{5}{3}-1} = \frac{R}{\frac{2}{3}} = \frac{3}{2}R$

১২. $hf = hf_0 + K_{max}$ বা, $K_{max} = h(f - f_0)$
∴ গতিশক্তি বনাম কম্পাঙ্ক গ্রাফের ঢাল প্লাঙ্ক ধ্রুবক (h)

১৬. $C_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = (\sqrt{\epsilon_0\mu_0})^{-1} = 3 \times 10^8\text{ms}^{-1}$

১৭. ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য।

২৪. $I \propto V$ বা, $I = GV$ ∴ ঢাল $m = G$ = তড়িৎ পরিবাহিতা

৫২ যশোর বোর্ড ২০২২

উত্তর																									
	১	খ	২	গ	৩	ঘ	৪	ঘ	৫	গ	৬	ক	৭	ক	৮	খ	৯	গ	১০	ক	১১	গ	১২	ঘ	১৩	গ
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	ক	১৯	খ	২০	খ	২১	গ	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	খ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

৩. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $TP^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ = ধ্রুবক বা, $T^{\gamma}P^{1-\gamma}$ = ধ্রুবক

৫. $\rho = \rho_0\,[1 + \alpha T] = \rho_0 + \rho_0\alpha T$; যা $y = mx + c$ আকারের। এজন্য ρ ও T এর লেখ সরলরেখা হবে।

১২. ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 R = \frac{1}{9 \times 10^9} \times 6.4 \times 10^6 = 7.11 \times 10^{-4}\text{ F}$
$= 711\mu\text{F}$

১৪. $n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$ বা, $n_2 = \frac{n_1\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{92 \times 5898 \times 10^{-10}}{5461 \times 10^{-10}}$ ∴ $n_2 = 99.36 \approx 99$

১৫. $\frac{A_2}{A_1} = \frac{2}{1}$ বা, $\frac{A_2 + A_1}{A_2 - A_1} = \frac{3}{1}$, $I \propto A^2$ বা, $\frac{I_{max}}{I_{min}} = \left(\frac{A_2 + A_1}{A_2 - A_1}\right)^2 = \left(\frac{3}{1}\right)^2$
∴ $I_{max} : I_{min} = 9 : 1$

১৬. $\mu = \tan\theta_c = \tan 60° = \sqrt{3} = 1.73$

১৭. $\theta_2 = 90° - \theta_c = 90° - 60° = 30°$

২০. $N = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $\frac{N_0}{16} = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $-\ln 16 = -\lambda t$

বা, $\ln 16 = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} \times 24\text{ hr}$ ∴ $T_{\frac{1}{2}} = 6\text{ hr}$

২৪. A বিন্দুর বিভব = V_A = গোলকের পৃষ্ঠের বিভব $= k\frac{Q}{r}$

$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-10}}{0.04} = 45\text{ V}$

২৫. ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে A বিন্দুর প্রাবল্য, $E_A = 0$

$E_B = k\frac{Q}{r^2}$ ∴ $\frac{E_B}{E_A} = \frac{k\frac{Q}{r^2}}{0} = \infty$

৫৪ বরিশাল বোর্ড ২০২২

উত্তর																									
	১	খ	২	ক	৩	ক	৪	খ	৫	ঘ	৬	ক	৭	খ	৮	ঘ	৯	গ	১০	ক	১১	গ	১২	গ	১৩	ঘ
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	খ	১৮	গ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	খ	২২	ক	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

৫. ১ম সূত্র: $dQ = dU + dW$, $dS = \frac{dQ}{T}$ বা, $dQ = TdS$
(i) $dW = dQ - dU = TdS - dU$ (ii) $dU = dQ - dW = TdS - PdV$
(iii) $dW = dQ - dU = TdS - C_VdT$

৬. $C = 4\pi\epsilon_0 r$ বা, $C \propto r$

১১. গঠনমূলক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে, দশা পার্থক্য $\delta = 2n\pi$, $n = 1$ হলে, $\delta = 2\pi$

১২. ১ম অন্ধকার ডোরার ক্ষেত্রে, $\Delta x = (2n - 1)\frac{\lambda}{2}$, $n = 1$ হলে, $\Delta x = \frac{\lambda}{2}$

১৫. $C_1 = 0.01\mu F$, $C_2 = 0.02\mu F$, $C_3 = 0.03\mu F$, $C_1 \parallel C_2$ তাই $C_p = C_1 + C_2 = 0.03\mu F$, C_P ও C_3 শ্রেণিতে যুক্ত। $C_{eq} = (C_p^{-1} + C_3^{-1})^{-1} = (0.03^{-1} + 0.03^{-1})^{-1} = 0.015\ \mu F$

১৭. $L = \frac{nh}{2\pi}$, $n = 4$ হলে, $L = \frac{4h}{2\pi} = \frac{2h}{\pi}$

১৮. $R_{eq} = ((10 \parallel 10) + 5) \parallel 10) + 5 = ((5 + 5) \parallel 10) + 5 = (10 \parallel 10) + 5 = 10\Omega$

২০. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273}{273 + 100} = 1 - \frac{273}{373} = 26.81\%$

২১. $P = \frac{V^2}{R}$ বা, $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(200)^2}{400} = 100\Omega$

২৩. $E = \frac{V}{d} = \frac{200}{0.5} = 400\text{ Vm}^{-1}$

২৪. $q_D = -(q_A + q_B + q_C) = -(5 + 7 - 15)\,C = 3C$

২৫. ধ্বংসাত্মক ব্যতিচারে দশা পার্থক্য, $\delta = \pi, 3\pi, 5\pi, \ldots = (2n + 1)\pi$

শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর ও ব্যাখ্যা: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

ক্যাডেট কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর

১৩৩ মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাঙ্গাইল

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	গ	৪	খ	৫	ঘ	৬	গ	৭	গ	৮	ঘ	৯	খ	১০	গ	১১	ক	১২	গ	১৩	গ
	১৪	ক	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	গ	২১	ক	২২	গ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

১. $C_P = C + C + C + C = 4C = 4 \times 2\mu F = 8\mu F$

২. $P = VI = 220 \times 0.25 = 55\ W$

৩. শান্ট গুণক $= \frac{G+S}{S} = \frac{20+2}{2} = 11$

৫. $F \propto \frac{1}{r^2}$। তাই দূরত্ব r দ্বিগুণ করা হলে, বল F হবে $\frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$ গুণ।

১৪. $\alpha = \frac{I_c}{I_e} = \frac{0.7}{0.8} = 0.875$

১৭. দশা পার্থক্য, $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x$ বা, $\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x \therefore \Delta x = \frac{\lambda}{2}$

১৯. অর্ধায়ু সংখ্যা, $n = \frac{4.5}{1.5} = 3$। 3টি অর্ধায়ু বা 4.5 দিন পর অবশিষ্ট থাকবে $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$ অংশ। ∴ ক্ষয়প্রাপ্ত হবে $\left(1 - \frac{1}{8}\right)$ অংশ $= \frac{7}{8}$।

২৪. $Q_2 = Q_1 \times 60\% = 0.6Q_1, \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{0.6Q_1}{Q_1} = 0.4 = 40\%$

১৩৪ রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	খ	৪	গ	৫	ক	৬	ঘ	৭	খ	৮	ক	৯	গ	১০	*	১১	গ	১২	খ	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	খ	২২	খ	২৩	ক	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

৩. ফটো তড়িৎ প্রবাহ, $I_{current} \propto I_{light}$ (আলোর তীব্রতা)।

৬. $\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%$ বা, $\eta = \left(1 - \frac{0}{Q_1}\right) \times 100\%$
বা, $\eta = 100\%$

৭. D_2 বিমুখী বায়াসে আছে তাই 50Ω রোধের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে না।
∴ তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{6}{150 + 100} = 0.024A \approx 0.02A$

৮. 50Ω রোধের মধ্য দিয়ে কোন তড়িৎ প্রবাহ হবে না।

*১০. $\vec{E} = \frac{\delta v}{\delta x}\hat{i} + \frac{\delta v}{\delta y}\hat{j} + \frac{\delta v}{\delta z}\hat{k}$
বা, $\vec{E} = \frac{d}{dx}(4x + 3y + 4z)\,\hat{i} + \frac{d}{dy}(4x + 3y + 4z)\,\hat{j} + \frac{d}{dz}(4x + 3y + 4z)\,\hat{k} = 4\hat{i} + 3\hat{j} + 4\hat{k}$
বা, $|\vec{E}| = \sqrt{4^2 + 3^2 + 4^2} = \sqrt{41}\ NC^{-1}$
সুতরাং সঠিক উত্তর : $\sqrt{41}\ NC^{-1}$

১২. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}}$ বা, $m = \frac{m_0}{0} =$ অসীম

১৫. আলোর বেগ, $c = \frac{E\ (\text{তড়িৎ ক্ষেত্র})}{B\ (\text{চৌম্বক ক্ষেত্র})}$

১৮. তড়িৎ প্রাবল্য, $\vec{E} = -\frac{dV}{dr}$ [$\frac{dV}{dr} =$ তড়িৎ বিভবের নতিমাত্রা]

১৯. ধ্বংসাত্মক ব্যতিচারে পথ পার্থক্য $= (2n - 1)\frac{\lambda}{2}$

২১. অপসারিত গোলাকার চাকতিতে কোন চার্জ না থাকায় ফাঁকা স্থানে তড়িৎ ক্ষেত্রের মান অশূন্য এবং সমানভাবে বিস্তৃত হবে।

২২. আলোর বেগ, $C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ বা, $\sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = \frac{1}{C}$ তাই এর মাত্রা $[L^{-1}T]$

১৩৫ জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	ক	৪	খ	৫	খ	৬	খ	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	ক	১০	ঘ	১১	*	১২	ক	১৩	খ
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	ঘ	২১	ক	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

৭. মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক, $\mu = \tan 60° = \sqrt{3}$

৮. $\Delta x = \frac{\lambda D}{2a}, \frac{\Delta x'}{\Delta x} = \frac{\lambda(2D)}{2(2a)} \times \frac{2a}{\lambda D} = 1$ বা, $\Delta x' = \Delta x$

১০. শান্টের রোধ $S = \frac{R}{n-1} = \frac{1.8}{\frac{10A}{1A} - 1} = 0.2\Omega$

*১১. কার্নো চক্রের দ্বিতীয় ধাপে চাপ কমে, আয়তন বাড়ে ও তাপমাত্রা কমে সুতরাং সঠিক উত্তর শুধু i

১৪. ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ তীব্রতা শূন্য।

১৭. রোধ, $R = \frac{V^2}{P} = \frac{200^2}{400} = 100\Omega$

২৪. $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$ বা, $Q_2 = \frac{Q_1}{T_1} \times T_2 = \frac{800}{327 + 273} \times (127 + 273)$
$Q_2 = 533.3\ J$। সুতরাং কৃতকাজ, $W = Q_1 - Q_2 = 800 - 533.3$
বা, $W = 266.7 \approx 267\ J$

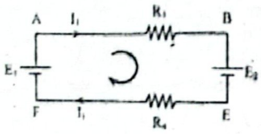
২৫. $\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{127 + 273}{327 + 273} = \frac{1}{3}$
পরবর্তীতে, $\eta_2 = 1 - \frac{T_2'}{T_1} = 1 - \frac{227 + 273}{327 + 273} = \frac{1}{6}$
$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{3}} = \frac{1}{2}$ অর্থাৎ দক্ষতা পূর্বের তুলনায় অর্ধেক হবে।

১৩৬ রংপুর ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	খ	২	ঘ	৩	ঘ	৪	খ	৫	ক	৬	ক	৭	খ	৮	ঘ	৯	ক	১০	গ	১১	গ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	গ	১৭	ঘ	১৮	ঘ	১৯	গ	২০	ঘ	২১	খ	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | **প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ**

৭.



ABEFA লুপে $I_1R_1 + E_2 + I_1R_4 - E_1 = 0$
বা, $I_1R_1 + I_1R_4 = E_1 - E_2$

৯. $V = \int E.dx = \int Edx\cos 0° = \int 3x^2 dx = x^3$
$x = 2$ বিন্দুতে, $V = (2)^3 = 8\ V$

১৬. $E = T + m_0c^2$ বা, $mc^2 = 4m_0c^2 + m_0c^2$
বা, $m = 4m_0 + m_0$ বা, $m = 5m_0$

২১. $E_2 = \frac{-13.6}{(n)^2} = \frac{-13.6}{(2)^2} = -3.4$ eV

২২. $R_{eq} = 10 \parallel (5+5) = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10}\right)^{-1} = 5\Omega$

$I = \frac{E}{R_{eq} + r} = \frac{3}{5 + 0.5}$ সুতরাং, হারানো বিভব, $V = Ir = \frac{3 \times 0.5}{5 + 0.5} = 0.27$ V

২৪. $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 100 \times \sqrt{1 - \left(\frac{0.9c}{c}\right)^2} = 43.59$ m
সুতরাং $A = L_0 \times L = 43.59 \times 100 = 4359\ m^2$

১৩৭ কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	খ	৩	গ	৪	*	৫	খ	৬	ঘ	৭	গ	৮	গ	৯	*	১০	গ	১১	ক	১২	খ	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	*	১৯	গ	২০	খ	২১	ক	২২	ক	২৩	ক	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. সমোষ্ণ প্রক্রিয়া ধীরে সংঘটিত হয়, এক্ষেত্রে পাত্রটি সুপরিবাহী হতে হয় এবং এই প্রক্রিয়া বয়েলের সূত্র মেনে চলে।

৩. COP বা $k = \frac{Q}{W}$ বা, $W = \frac{Q}{k} = \frac{500}{2.5} = 200$ J
পঞ্চম চক্রে সরবরাহকৃত কাজ $= 5 \times 200 = 1000$ J

*৪. তড়িৎ ফ্লাক্সের একক হলো Nm^2/C
সুতরাং সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

৫. $E = -\frac{dV}{dx} = -\frac{d}{dx}(5 + 4x^3) = -12x^2 = -12 \times (0.5)^2 = -3$ N/C

৬. $F = qE = (-2) \times 10^{-6} \times (-3) = 6 \times 10^{-6}$ N

*৯. তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্কের একক হলো joule/cal। সুতরাং সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

১২. $I = \frac{G + S}{S} \times I_g$
বা, $2 = \frac{100 + S}{S} \times 0.2$
বা, $\frac{2S}{0.2} = 100 + S$
বা, $S = 11.1\Omega \approx 11\Omega$

১৬. দশা পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} \times$ পথ পার্থক্য $= \frac{2\pi}{4000 \times 10^{-10}} \times 2 \times 10^{-7} = \pi$

*১৮. $I \propto A^2$। এখানে $A_1 \propto \sqrt{I_1} = \sqrt{I}$ এবং $A_2 \propto \sqrt{I_2}$
বা, $A_2 \propto \sqrt{4I}$
বা, $A_2 \propto 2\sqrt{I}$। এখন $A' = A_1 + A_2 \propto \sqrt{I} + 2\sqrt{I} \propto 3\sqrt{I}$
বা, $(A')^2 \propto 9I$ অর্থাৎ সঠিক উত্তর 9I।

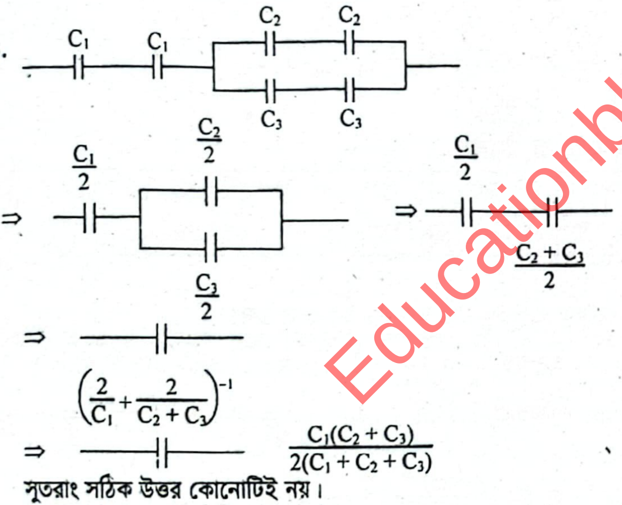
২৪. $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{0.95}{1 - 0.95} = 19$

১৩৮ ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	ক	২	ঘ	৩	গ	৪	*	৫	খ	৬	ক	৭	খ	৮	গ	৯	খ	১০	ক	১১	খ	১২	ক	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	খ	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	খ	২২	ক	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

*৪.



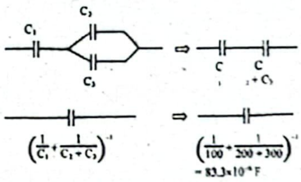
সুতরাং সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

১১. ডোরা ব্যবধান, $\Delta x = \frac{\lambda D}{a}$ বা, $\lambda = \frac{\Delta xa}{D}$
$= \frac{0.295 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-3}}{1} = 5.9 \times 10^{-7}\ m = 5900\ \mathring{A}$

১৩. $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ বা, $99 = 100\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
বা, $\left(\frac{99}{100}\right)^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$ বা, $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{99}{100}\right)^2$ বা, $v = 4.2 \times 10^7\ ms^{-1}$

১৫. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ বা, $0.7 = 1 - \frac{27 + 273}{T_1}$ বা, $T_1 = \frac{300}{1 - 0.7}$ বা, $T_1 = 1000K$

১৬.



১৭. সমান্তরাল সংযোগে তুল্য ধারকত্ব হবে, $C_p = (100 + 200 + 300)\ \mu F = 600\ \mu F$

সুতরাং সঞ্চিত শক্তির অনুপাত, $\frac{U}{U_P} = \frac{\frac{1}{2}CV^2}{\frac{1}{2}C_PV^2}$
$= \frac{C}{C_P} = \frac{83.3}{600} = 0.138$ বা, $U : U_P = 1 : 7.2$

২২. T_1 ও T_0 এর মধ্যে সময়ের পার্থক্য $T_1 - T_0 = -\frac{1}{\lambda}\ln\frac{0.8\ N_0}{N_0}$
বা, $T_1 - T_0 = 0.869$ days একইভাবে, $T_1 - T_2 = -\frac{1}{\lambda}\ln\frac{0.6\ N_0}{0.8\ N_0}$
$= 1.12$ days; $T_2 - T_3 = -\frac{1}{\lambda}\ln\frac{0.4\ N_0}{0.6\ N_0} = 1.58$ days;
$T_3 - T_4 = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{0.2\ N_0}{0.4\ N_0}\right) = 2.7$ days

২৩. ভর সংখ্যা হবে, $235 + 1 - (141 + x + 3) = 0$
বা, $x = 92$, প্রোটিন সংখ্যা $= 92 + 0 - (56 + y + 0) = 0$
বা, $y = 36$ সুতরাং মৌলটি kr^{92}_{236}

২৫. $\phi = hf$ বা, সূচন কম্পাঙ্ক, $f = \frac{\phi}{h}$
$= \frac{6.31 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \approx 15.24 \times 10^{14}$ Hz

১৩৯ ঝিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	গ	৪	ক	৫	গ	৬	ক	৭	ঘ	৮	গ	৯	খ	১০	ঘ	১১	খ	১২	গ	১৩	খ
	১৪	*	১৫	ক	১৬	গ	১৭	খ	১৮	খ	১৯	খ	২০	খ	২১	খ	২২	খ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	*		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৫. $E_1 = E_2$ বা, $\frac{Q}{x^2} = \frac{Q}{(4-x)^2}$ বা, $\frac{4-x}{x} = 1$ বা, $4 - x = x$ বা, $2x = 4$ বা, $x = 2$ m

১১. একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি বস্তুর আপেক্ষিক রোধ নির্দিষ্ট হয়।

*১৪. তড়িৎ চুম্বক তরঙ্গের বেগ $\vec{E}$ ও $\vec{B}$ এর সাথে 90° কোণে থাকে। সুতরাং সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

১৮. $r_2 = \frac{n^2h^2\epsilon_0}{\pi me^2} = \frac{2^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2 \times 8.854 \times 10^{-12}}{\pi \times 9.11 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^2} \approx 2.128 \times 10^{-10}$ m

১৯. $\beta = \frac{I_c}{I_B} = \frac{5 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6}} = 50$, $\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{50}{1 + 50} = 0.98$

২৩. $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 2 \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.5 \times 10^7}{3 \times 10^8}\right)^2} = 1.993$ m

*২৫. $T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{1/3600} = 2494.8$ sec
সুতরাং সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

১৪০ বরিশাল ক্যাডেট কলেজ

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	ঘ	৪	ক	৫	গ	৬	গ	৭	ঘ	৮	খ	৯	ক	১০	ঘ	১১	গ	১২	গ	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	ক	১৯	গ	২০	খ	২১	ক	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	খ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $COP = \frac{Q_1}{W}$ বা, $W = \frac{Q_1}{COP} = \frac{250}{4.6} = 54.3\ J \approx 54\ J$

৬. i. $s_1 = \frac{1}{2}a_1t^2$ এবং $s_2 = \frac{1}{2}a_2t^2$ বা, $s_1 + s_2 = d = \frac{1}{2}(a_1 + a_2)t^2$

বা, $t = \sqrt{\frac{2d}{a_1 + a_2}} = \sqrt{\frac{2d}{\frac{F}{m_1} + \frac{F}{m_2}}}$

$= \sqrt{\frac{2 \times 2 \times 10^{-6}}{\frac{5.76 \times 10^{-17}}{9.1 \times 10^{-31}} + \frac{5.76 \times 10^{-17}}{1.67 \times 10^{-27}}}} = 2.51 \times 10^{-10}\ sec$

ii. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{a_1t}{a_2t} = \frac{F/m_1}{F/m_2} = \frac{m_2}{m_1}$ বা, $V \propto \frac{1}{m}$

iii. $a_1 = \frac{F}{m_1} = \frac{5.76 \times 10^{-17}}{9.1 \times 10^{-31}} = 6.33 \times 10^{13}\ ms^{-2}$

১২. $\mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 56°}{\sin 11°} = 4.34$

১৩. $\tan\theta = \mu$ বা, $\theta = \tan^{-1}(\mu) = \tan^{-1} 4.34 = 77°$

২১. অর্ধায়ু, $T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{0.257} = 2.7\ d$

শীর্ষস্থানীয় কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর

১৪৫ রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	ক	৪	ক	৫	খ	৬	ঘ	৭	গ	৮	ক	৯	খ	১০	খ	১১	গ	১২	ঘ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	ক	১৭	খ	১৮	গ	১৯	গ	২০	খ	২১	গ	২২	গ	২৩	গ	২৪	ক	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $mgh = ms\Delta\theta$ বা, $\Delta\theta = \frac{gh}{s} = \frac{9.8 \times 500}{4200} = 1.17°C \approx 1.19°C$

৬. $\phi = \frac{q}{\in_0} = \frac{1}{8.854 \times 10^{-12}} = 1.1 \times 10^{11}\ Nm^2C^{-1}$

৮. শ্রেণিতে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব, $C_s : \frac{C}{2}$; সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব, $C_p = 2C$; $\frac{C_s}{C_p} = \frac{C/2}{2C} = \frac{1}{4}$ বা, $C_s : C_p = 1 : 4$

৯. $\frac{P}{Q} = \frac{l}{100 - l}$ বা, $\frac{15}{Q} = \frac{58}{100 - 58}$ বা, $Q = \frac{15 \times 42}{58} = 10.86\Omega$

১০. রোধ, $R = \frac{\rho L}{A}$ বা, $\rho = \frac{RA}{L} = \frac{10.86 \times \pi r^2}{L}$

$= \frac{10.86 \times \pi \times (0.2 \times 10^{-3})^2}{3.14} = 4.34 \times 10^{-7}\ \Omega m$

১৫. $\mu = \tan\theta_C$ বা, $\theta_C = \tan^{-1}(\mu) = \tan^{-1}(1.52) = 56.65°$

২৪. বেগ $V_n \propto \frac{1}{n}$ বা, $\frac{V_4}{V_2} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$; $V_4 = \frac{1}{2}V_2 = 0.5V_2$

১৪৬ নটর ডেম কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	গ	৪	গ	৫	গ	৬	ঘ	৭	গ	৮	ক	৯	গ	১০	ঘ	১১	গ	১২	গ	১৩	ঘ
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	খ	১৭	গ	১৮	খ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	ঘ	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\phi = \frac{q}{\in_0}$ বা, $q = \phi\in_0$ আবার, $q = It$ ∴ q এর একক As তাই $\phi\in_0$ এর একক As

২. $\frac{C_P}{C_V} = 2x = \gamma$ ∴ $\gamma = 2x$ এখন, $C_V = \frac{R}{\gamma - 1} = \frac{R}{2x - 1}$

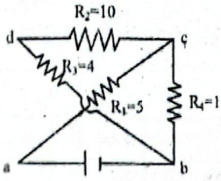
এবং $C_P = \gamma C_V = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} = \frac{2x R}{2x - 1}$

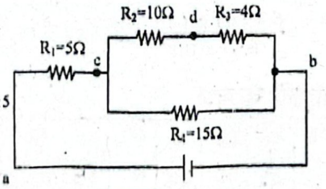
৭. $\frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}$ বা, $\frac{\Delta F}{9} = \frac{\Delta K}{5}$ বা, $\Delta K = \frac{\Delta F}{9} \times 5 = \frac{17 \times 5}{9} = 9.44K$

৮. $I = GV$ বা, $G = \frac{I}{V} = \frac{I}{\frac{W}{Q}} = \frac{IQ}{W} = \frac{I \times It}{W} = \frac{I^2t}{W}$

$\therefore G = \frac{I^2T}{ML^2T^{-2}} = I^2M^{-1}L^{-2}T^3$

১০.





যেহেতু $R_4 > R_2 + R_3$ তাই R_4 এর প্রবাহ কম।

১২. $R_2 = n^2R$। 1.5 গুণ বৃদ্ধি করা হলে নতুন দৈর্ঘ্য ও আদি দৈর্ঘ্যের অনুপাত, $n = 1.5 + 1 = 2.5$ ∴ $R_2 = (2.5)^2 \times 10 = 62.5\Omega$

১৮. গতিশক্তি, $E_k = (m - m_0)c^2$, $v = \frac{c}{\sqrt{2}}$ হলে, $E_k = \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0\right)c^2$

বা, $E_k = \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{2}}} - m_0\right)c^2 = (\sqrt{2} - 1)\ m_0c^2 = 0.414\ m_0c^2$

২০. $E = E_k + E_R$
$= (\sqrt{3} + 1)m_0c^2$
$P = \frac{E}{c} = \frac{(\sqrt{3} + 1)m_0c^2}{c} = (\sqrt{3} + 1)m_0c = 2.73m_0c$

২২. $\tau_x = 10d$; $\lambda_x = \frac{1}{\tau_x} = 10^{-1}\ d^{-1}$; $T_{(1/2)x} = 0.693 \times 10$; $= 6.93d$, $\tau_y = 6.93d$, $\lambda_y = \frac{1}{\tau_y} = 0.1443\ d^{-1}$

$N_x = N_0e^{-\lambda_x t}$, $N_y = N_0e^{-\lambda_y t}$, $\frac{N_x}{N_y} = \frac{e^{-\lambda_x t}}{e^{-\lambda_y t}} = \frac{e^{-10^{-1} \times 10}}{e^{-0.1443 \times 10}} = \frac{0.368}{0.236}$

$\therefore N_x : N_y = 0.368 : 0.236$

১৪৭ আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা

উত্তর	১	ক	২	গ	৩	গ	৪	ক	৫	খ	৬	খ	৭	ঘ	৮	ক	৯	গ	১০	ঘ	১১	গ	১২	ঘ	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	গ	২০	*	২১	ঘ	২২	গ	২৩	গ	২৪	খ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $P = \frac{V^2}{R}$ বা, $R = \frac{V^2}{P}$, V ধ্রুবক হলে, $R \propto \frac{1}{P}$
P বেশি হলে, রোধ R কম। যেহেতু হিটারের ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি, তাই এর রোধ সবচেয়ে কম।

৯. $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$ বা, $\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9}$; $\Delta C = \frac{50 - 35}{9 \times 60}\ °Cs^{-1} = \frac{1}{36}\ °Cs^{-1}$

এখন, $\Delta F = \frac{9\Delta C}{5} = \frac{9 \times \frac{1}{36}}{5} = 0.05°Fs^{-1}$

১০. $q = ne$ বা, $n = \frac{q}{e} = \frac{-2}{-1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{19}$

১৫. $n = \frac{W}{M} = \frac{6}{4} = 1.5$ mole, $C_p - C_v = R$
বা, $C_v = C_p - R = 13.2 - 8.314 = 4.886\ Jmol^{-1}K^{-1}$
$dU = nC_v dT = 1.5 \times 4.886 \times 6.4 \approx 47\ J$

১৬. সার্কিটের আউটপুট, $P = (XY)(Y + Z) = XYY + XYZ = XY + XYZ = XY(1 + Z) = XY$; অর্থাৎ, $X = 1, Y = 1, Z = 0$
$\therefore X=1, Y=1$ হলে $P=1$, R বাল্ব জ্বলবে।

১৭. $d\sin\theta = n\lambda$ বা, $\frac{1}{N}\sin\theta = n\lambda$ বা, $N = \frac{\sin\theta}{n\lambda} = \frac{\sin 30°}{1 \times 5000 \times 10^{-10}}$
$\therefore N = 10^6 m^{-1}$
$\therefore$ 1m বা 1000 mm এ রেখা 10^6; $\therefore$ 1mm এ রেখা $= \frac{10^6}{10^3} = 1000$

১৯. $\phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{8.854 \times 10^{-8}}{8.854 \times 10^{-12}} = 10^4\ Nm^2C^{-1}$

*২০. $I = \frac{E}{R} = \frac{4+4}{4} = 2A$; সুতরাং সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়

২৪. $eV = \frac{1}{2}mv^2$ বা, $v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$
$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 50 \times 10^3}{9.1 \times 10^{-31}}} = 1.32 \times 10^8\ ms^{-1}$

১৪৮ ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	ক	৩	*	৪	খ	৫	গ	৬	গ	৭	খ	৮	ক	৯	খ	১০	গ	১১	খ	১২	*	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	গ	১৬	গ	১৭	গ	১৮	খ	১৯	গ	২০	ক	২১	খ	২২	খ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $I = \frac{E}{R+r}$ বা, $I = \frac{6}{10+5} = 0.4A$
প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য, $V = IR = 0.4 \times 10 = 4V$

*৩. $\frac{P}{Q} = \frac{4}{4} = 1, \frac{R}{S} = \frac{8}{8} = 1$ হুইস্টোন ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় আছে,
$\therefore R_{eq} = (P + Q) \parallel (R + S) = 8 \parallel 16 = \frac{8 \times 16}{8 + 16} = 5.33\Omega$; সুতরাং, সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

১০. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে, $m_1v_1 = m_2v_2$, $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{27}$ হলে $\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{27}$
$\therefore \frac{m_1}{m_2} = \frac{27}{1}$ বা, $\frac{V_1\rho}{V_2\rho} = \frac{27}{1}$ [$\because$ নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব ধ্রুবক]
বা, $\frac{\frac{4}{3}\pi R_1^3}{\frac{4}{3}\pi R_2^3} = \frac{27}{1}$ বা, $\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \frac{27}{1}$ $\therefore R_1 : R_2 = 3 : 1$

*১২. ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{1.42 \times 10^{17}} = 4.88 \times 10^{-18}\ s^{-1}$
$\frac{dN}{dt} = N\lambda = \frac{W}{M}N_A\lambda = \frac{1}{238} \times 6.023 \times 10^{23} \times 4.88 \times 10^{-18} = 12,350.4$ টি। সুতরাং, সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

১৬. $C_V = \frac{R}{\gamma - 1} = \frac{R}{\frac{5}{3} - 1} = \frac{R}{\frac{2}{3}} = \frac{3}{2}R$, $C_P = C_v + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$

১৯. $\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{2}{4\pi r^2} = \frac{2}{4\pi \times (0.2)^2} = 3.979\ C/m^2$

২০. $dQ = ml_v = \frac{20}{1000} \times 22,68,000 = 45360\ J$

২১. $ds = ds_1 + ds_2 = ms\ln\frac{T_2}{T_1} + \frac{ml_v}{T_2} = 0.02 \times 4200 \ln\left(\frac{273 + 100}{273 + 10}\right) + \frac{0.02 \times 22,68,000}{273 + 100} = 144.8036\ JK^{-1} \approx 144.804\ JK^{-1}$

২২. $\tau = PE\sin 90° = PE = q \times 2l \times E$
$= 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^4 = 1.6 \times 10^{-4}\ Nm$

১৪৯ হলি ক্রস কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	খ	২	খ	৩	খ	৪	খ	৫	গ	৬	ঘ	৭	ক	৮	ক	৯	গ	১০	গ	১১	খ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	ক	২১	ঘ	২২	খ	২৩	গ	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. মোট শক্তি, $E = mc^2 = \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\right)c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{\frac{c}{\sqrt{3}}}{c}\right)^2}}$
$= \frac{m_0c^2}{\sqrt{\frac{2}{3}}} = \sqrt{\frac{3}{2}}m_0c^2$

৬. $L = \frac{L_0}{4}$ বা, $L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{L_0}{4}$ বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{16}$ বা, $\frac{v^2}{c^2} = \frac{15}{16}$
বা, $v = \frac{\sqrt{15}}{4}c = \frac{\sqrt{15}}{4} \times 3 \times 10^8 = 2.9 \times 10^8\ ms^{-1}$

৭. $\frac{1}{2}mv^2 = eV$ বা, $v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$
$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 60}{9.1 \times 10^{-31}}} = 4.59 \times 10^6\ ms^{-1}$
ভরবেগ $P = mv = 9.1 \times 10^{-31} \times 4.59 \times 10^6 = 4.18 \times 10^{-24}\ kgms^{-1} \approx 4.14 \times 10^{-24}\ kgms^{-1}$

৮. $\frac{\mu_w}{\mu_d} = \frac{c_d}{c_w}$ বা, $c_d = \frac{\mu_w c_w}{\mu_d} = \frac{1.33 \times 2.28 \times 10^8}{2.4} = 1.26 \times 10^8\ ms^{-1}$

১৯. $R_{eq} = \{(7 + 1 + 10)^{-1} + 6^{-1}\}^{-1} + 2 + 8 + 0.5 = (18^{-1} + 6^{-1})^{-1} + 10.5$
$= 4.5 + 10.5 = 15\Omega$, $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{15}{15} = 1A$

২১. $\phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{1}{8.85 \times 10^{-12}} = \frac{1}{8.85} \times 10^{12}$

২৫. $V_{2\Omega} = \frac{2}{1 + 2 + 3} \times 12 = 4V$

১৫০ ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	ঘ	৪	*	৫	খ	৬	খ	৭	ক	৮	ঘ	৯	গ	১০	ঘ	১১	গ	১২	ক	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	গ	১৭	খ	১৮	গ	১৯	ক	২০	গ	২১	ঘ	২২	গ	২৩	গ	২৪	খ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ বা, $L = L_0\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2} = 0.6\ L_0$

*৪. $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5 \times 10^{-2}} = 20\ y$ সুতরাং সঠিক উত্তর নেই।

১৪. $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{105 \times 10^{-9}} = 1.894 \times 10^{-18}\ J$
$= \frac{1.894 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}}\ eV = 11.83\ eV$

১৯. কৃতকাজ, $W = P\Delta V$
$= 10^5(2 - 10)10^{-3} = -800\ J$

২০. $\Delta U = Q - W = -500 - (-800) = 300\ J$

১৫১ ঢাকা কলেজ

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	ঘ	৪	খ	৫	ক	৬	ক	৭	ক	৮	ক	৯	ঘ	১০	ঘ	১১	খ	১২	ক	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	গ	১৬	গ	১৭	গ	১৮	গ	১৯	গ	২০	*	২১	গ	২২	ক	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $\frac{C_P}{C_V} = \gamma = \frac{5}{3}$; বা, $C_V = C_P \times \frac{3}{5}$; আবার $C_P - C_V = R$ বা, $C_P - C_P \times \frac{3}{5} = R$ বা, $C_P\left(1 - \frac{3}{5}\right) = R$ বা, $C_P = \frac{5}{2}R$ ।

৬. একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2}\in E^2 = \frac{1}{2}\in\frac{V^2}{d^2}$ ।

৭. 2Ω রোধের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ হবে না।

৮. বর্তনীর রোধগুলো সমান্তরালে যুক্ত আছে। তাই তুল্যরোধ, $R_P = \left(\frac{1}{6}+\frac{1}{6}+\frac{1}{6}\right)^{-1} = 2\Omega$

১৯. $R = R_0(1 + \alpha\Delta\theta)$ বা, $R = R_0 + \alpha R_0\Delta\theta$; যা $y = mx + c$ সরলরেখাকে নির্দেশ করে।

*২০. $\phi = hf_0$ বা, সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$ বা, $f = 5.55 \times 10^{14}$ Hz; ∴ সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

২১. $\frac{hc}{\lambda} = \phi + E_k$ বা, $E_k = \frac{hc}{\lambda} - \phi = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2000 \times 10^{-10}} - 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 6.265 \times 10^{-19}\ J = 3.9\ eV$

২৩. i. $v = c$ হলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}}$ বা, $m = \frac{m_0}{0} = \infty$

ii. $t_0 = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 0$

iii. $L = L_0\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}} = 0$

২৫. ন্যূনতম 5টি প্রয়োজন। দুইটি NOT, দুইটি AND এবং একটি OR গেইট।

১৫২ আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	খ	৪	গ	৫	ক	৬	ঘ	৭	ঘ	৮	ক	৯	ক	১০	খ	১১	ক	১২	খ	১৩	গ
	১৪	ঘ	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	গ	১৮	খ	১৯	গ	২০	খ	২১	ক	২২	ঘ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৫. গতিশীল শক্তি ও নিশ্চল শক্তি সমান হলে, $(m - m_0)c^2 = m_0c^2$ বা, $m - m_0 = m_0 \therefore m = 2m_0$ ।

১০. $I = \frac{V}{R_{eq}}$ বা, $0.54 = \frac{3}{R+1}$ বা, $R = \frac{3}{0.54} - 1 = 4.55\Omega$

১৩. $\gamma = 1.5$ বা, $\frac{C_P}{C_V} = 1.5$ বা, $\frac{C_P}{C_P - R} = 1.5$ বা, $C_P = 1.5C_P - 1.5\ R$ বা, $1.5R = 0.5\ C_P$ বা, $C_P = 3R$

১৪. $hf = \phi + K_{max}$ বা, $\phi = hf - K_{max} = 6.63\times10^{-34} \times 4 \times 10^{15} - 12 \times 1.6 \times 10^{-19} = 7.32 \times 10^{-19}$ J

(i) $\phi = \frac{hc}{\lambda_0}$ বা, $\lambda_0 = \frac{hc}{\phi} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{7.32 \times 10^{-19}} = 2.717 \times 10^{-7}m = 2717\ \mathring{A}$

(ii) $\phi = hf_0$ বা, $f_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{7.32 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 1.104 \times 10^{15}$ Hz

(iii) $\phi = 7.32 \times 10^{-19}\ J = \frac{7.32 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4.57\ eV$

১৫. একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি, $U = \frac{1}{2}\in_0 E^2 = \frac{1}{2}\in_0 \times \left(\frac{V}{d}\right)^2 = \frac{1}{2} \times 8.854 \times 10^{-12} \times \left(\frac{60}{0.002}\right)^2 \approx 0.004\ J$.

২৩. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2'}{T_1'}$ বা, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_2'}{T_1'}$ বা, $\frac{400}{800} = \frac{T_2'}{1000}$ বা, $T_2' = 500\ K$

১৫৩ ঢাকা সিটি কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	ঘ	৪	খ	৫	খ	৬	ক	৭	ক	৮	গ	৯	খ	১০	গ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	খ	১৭	ঘ	১৮	ঘ	১৯	খ	২০	খ	২১	গ	২২	গ	২৩	গ	২৪	ক	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $\frac{5 \times 10^7}{10^8} = \frac{1}{2}$. তাই অর্ধায়ু, $T_{1/2} = 1y$; ঢাল, $\frac{dN}{dt} = -\lambda N = -\frac{ln2}{T_{1/2}} \times N = -\frac{ln2}{1y} \times 5 \times 10^7 \approx -3.466 \times 10^7 y^{-1}$

৩. $\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{1}{\ln 2}$

৯. $\frac{1}{N}\sin\theta = n\lambda$ বা, $n = \frac{1}{N\lambda} \times \sin 90° = \frac{1}{3 \times 10^5 \times 450 \times 10^{-9}} \times 1 = 7.41 \approx 7$

১০. $Q = CV = 2 \times 10^{-6} \times 40 = 8 \times 10^{-5}$ C

১২. $dQ = dU + dW$ বা, $dU = dQ - dW = 5 - 2 = 3$ J

১৫. $R_{eq} = (30 \parallel 20) + 2 = \left(\frac{1}{30}+\frac{1}{20}\right)^{-1} + 2 = 12 + 2 = 14\Omega$

∴ বর্তনীর মূল প্রবাহ $I = \frac{E}{R_{eq}+r} = \frac{3}{14+1} = \frac{1}{5} = 0.20$ A

১৬. $R_{eq} = (20 \parallel 30) = \left(\frac{1}{20}+\frac{1}{30}\right)^{-1} = 12\Omega$

বা, $I = \frac{E}{R_{eq}+r} = \frac{3}{12+1} = \frac{3}{13}$ বা, $V = E - Ir = 3 - \frac{3}{13} \times 1 = 2.77$ V

১৫৪ ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ

উত্তর	১	ক	২	*	৩	গ	৪	গ	৫	খ	৬	খ	৭	গ	৮	খ	৯	গ	১০	গ	১১	খ	১২	খ	১৩	ঘ
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	ঘ	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	গ	২১	ঘ	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

*২. $P = \frac{V^2}{R}; \frac{\Delta P}{P} = \frac{2\Delta V}{V} + \frac{\Delta R}{R} = 2 \times 3\% + 2\% = 8\%$; সুতরাং, সঠিক উত্তর কোনোটিই নয়।

৩. $I = \frac{E}{r_p}, I = I_1 + I_2 = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} = \frac{E_1r_2 + E_2r_1}{r_1r_2}$

তুল্য তড়িচ্চালক শক্তি, $E = I \times r_p = \frac{E_1r_2 + E_2r_1}{r_1r_2} \times \frac{r_1r_2}{r_1+r_2} = \frac{E_1r_2 + E_2r_1}{r_1 + r_2}$

৭. চার্জিত করার পর ব্যাটারি খুলে ফেলায় Q ধ্রুবক। $U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ বা, $U \propto \frac{1}{C}$ আবার, $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ বা, $C \propto \frac{1}{d}$ [A ধ্রুবক] $\therefore U \propto d$; $\frac{U_2}{U} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{2d_1}{d_1} = 2$ $\therefore U_2 = 2U$

১০. $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{\frac{1}{2}Q_1}{Q_1} = \frac{1}{2} = 50\%$; $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ বা, $0.5 = 1 - \frac{27+273}{T_1}$ বা, $\frac{300}{T_1} = 1 - 0.5 = 0.5$ $\therefore T_1 = \frac{300}{0.5} = 600$ K

১২. $TP^{\frac{1-r}{r}}$ = ধ্রুবক বা, $\ln T + \ln P^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \ln C$ বা, $\ln T + \frac{1-\gamma}{\gamma}\ln P = \ln C$ বা, $\ln T = \ln C - \frac{1-\gamma}{\gamma}\ln P$, $\gamma > 1$ তাই lnP বাড়লে lnT বাড়বে। যা $y = mx + c$ আকারের।

১৫. $N = 6000\ cm^{-1} = 6 \times 10^5\ m^{-1}$; $d\sin\theta = n\lambda$ বা, $\frac{1}{N}\sin\theta = n\lambda$ বা, $\lambda = \frac{\sin\theta}{Nn} = \frac{\sin 45°}{6 \times 10^5 \times 2} = 5.892 \times 10^{-7}\ m = 5892\ \mathring{A}$

২৪. $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{20} = 0.03465\ min^{-1}$, 33% ক্ষয় বা 67% অবশিষ্ট থাকার ক্ষেত্রে, $N = N_0e^{-\lambda t_1}$ বা, $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t_1$ বা, $t_1 = -\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\lambda}$ বা, $t_1 = -\frac{\ln(0.67)}{0.03465} = 11.56$ min, 67% ক্ষয় বা, 33% অবশিষ্ট থাকার ক্ষেত্রে, $t_2 = -\frac{\ln(0.33)}{0.03465} = 32$ min, $\Delta t = t_2 - t_1 = 32 - 11.56 = 20.44$ min

১৫৫ সেন্ট যোসেফ উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	ঘ	৪	ক	৫	ক	৬	খ	৭	গ	৮	ক	৯	গ	১০	ক	১১	খ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	খ	১৯	গ	২০	গ	২১	ক	২২	খ	২৩	গ	২৪	খ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ .

২. $\frac{1}{2}mv^2 = ms\Delta\theta$ বা, $v^2 = 2s\Delta\theta$ বা, $v = \sqrt{2s\Delta\theta}$
বা, $v = \sqrt{2 \times 125 \times 160} = 200\ ms^{-1}$

৩. পানির গতিশক্তি, $E_k = E_p = mgh$, $Q = \frac{1}{2}E_k$ বা, $ms\Delta\theta = \frac{1}{2}mgh$
বা, $\Delta\theta = \frac{gh}{2s} = \frac{9.8 \times 900}{2 \times 4200} = 1.05°C$

৭. $mg = qE$ বা, $q = \frac{mg}{E} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 9.8}{4.9 \times 10^5} = 2 \times 10^{-8}\ C$

১০. $P = VI$ বা, $I = \frac{P}{V} = \frac{40}{220} = 0.182\ A \approx 0.2\ A$

১১. $P = VI = \frac{VQ}{t}\ [\because I = \frac{Q}{t}]$

২৫. $I_E = I_B + I_C$ বা, $I_C = I_E - I_B = 0.85 - 0.05 = 0.8\ mA$
$\therefore \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.8}{0.85} = 0.94 \approx 0.9$

১৫৬ ঢাকা কমার্স কলেজ

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	খ	৪	খ	৫	ক	৬	ঘ	৭	ক	৮	গ	৯	গ	১০	খ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	গ	১৬	খ	১৭	গ	১৮	গ	১৯	খ	২০	ক	২১	খ	২২	গ	২৩	ক	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৭. $I_G = \frac{S}{G+S} \times I = \frac{1}{39+1} \times 10 = 0.25\ A$

৯. $I \propto V$ বা, $I = \frac{1}{R}$ (রোধ) V অর্থাৎ, ঢাল $= \frac{1}{R}$। চিত্রে L-এ ঢাল $= \frac{1}{R}$ বেশি তাই এক্ষেত্রে R অর্থাৎ, রোধ কম।

১২. $a \sin\theta_n = n\lambda$ বা, $\theta_n = \sin^{-1}\frac{n\lambda}{a} = \sin^{-1}\frac{1 \times 6000 \times 10^{-10}}{0.3 \times 10^{-3}} = 0.11°$

১৪. $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$ বা, $T_1 = \frac{Q_1 \times T_2}{Q_2} = \frac{800 \times 250}{200} = 1000K$

১৫. কর্মদক্ষতা, $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{250}{1000}\right) \times 100\%$
$= \left(1 - \frac{1}{4}\right) \times 100\% = 75\%$

১৯. $I_E = \frac{Q}{t} = \frac{200 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1 \times 10^{-9}} = 3.2 \times 10^{-8}\ A$, $I_C = 97\%\ I_E$
বা, $I_C = 0.97 I_E = 0.97 \times 3.2 \times 10^{-8} = 31.04 \times 10^{-9} A$

১৫৭ শহীদ পুলিশ স্মৃতি কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	ঘ	৪	গ	৫	গ	৬	খ	৭	ক	৮	ক	৯	গ	১০	ক	১১	ক	১২	খ	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	খ	১৮	গ	১৯	খ	২০	গ	২১	খ	২২	গ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $E \propto \frac{1}{n^2}$, $\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 = \left(\frac{2}{1}\right)^2 = 4$ বা, $E_1 : E_2 = 4 : 1$

৬. X এর ভর সংখ্যা $= 16 + 2 \times 1 - 14 - 4 = 0$ এবং পারমাণবিক সংখ্যা $= 8 + 2 \times 1 - 7 - 2 = -1$। সুতরাং X হলো— ${}_{-1}^{0}\beta$ বা, ইলেকট্রন।

১১. প্রয়োজনীয় তাপ, $Q = ml_f = 5 \times 336000 = 1680000\ J$

১৩. কৃতকাজ, $W = nRT \ln\frac{V_2}{V_1} = 1 \times 8.31 \times (40 + 273) \ln\left(\frac{2V}{V}\right)$
$= 1802.9\ J$

১৯. সঞ্চিত শক্তি $= \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times 100^2 = 0.02\ J$

২৪. ডোরা প্রস্থ, $\delta = \frac{\lambda D}{2a}$। এখন $\frac{\delta'}{\delta} = \frac{\lambda(3D)}{2\left(\frac{a}{2}\right)} \times \frac{2a}{\lambda D} = 6$। অর্থাৎ 6 গুণ হবে।

১৫৮ ঢাকা ক্যান্টনমেন্ট গার্লস পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ

উত্তর	১	ক	২	ক	৩	ঘ	৪	গ	৫	খ	৬	ঘ	৭	খ	৮	ঘ	৯	ঘ	১০	গ	১১	গ	১২	ক	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	*	১৭	গ	১৮	খ	১৯	খ	২০	ঘ	২১	গ	২২	খ	২৩	গ	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $W = \frac{1}{4}Q_1$; $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{\frac{1}{4}Q_1}{Q_1} = \frac{1}{4} = 25\%$

৭. $q_D = -(10 + 15 - 12) = -(25 - 12) = -13C$

*১৬. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। এই ঘটনায় ইলেকট্রন নিঃসরণের হার তথা তড়িৎ প্রবাহমাত্রা আলোর তীব্রতার উপর নির্ভর করে। আবার ইলেকট্রনের বেগ নির্ভর করে আপতিত আলোর কম্পাঙ্কের উপর।
সুতরাং, সঠিক উত্তর (খ) ও (ঘ) উভয়ই।

১৭. $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6600 \times 10^{-10}} = 3.014 \times 10^{-19}\ J$

১৮. $E = K_{max} + \phi$ বা, $K_{max} = E - \phi = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$
$\therefore K_{max} = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times \left(\frac{1}{6600 \times 10^{-10}} - \frac{1}{6800 \times 10^{-10}}\right)$
$= 8.86 \times 10^{-21}\ J \approx 8.9 \times 10^{-21}\ J$

২৫. গতীয় রোধ, $R_D = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.4 - 0.3}{(70 - 20) \times 10^{-3}} = 2\Omega$

১৫৯ হামদর্দ পাবলিক কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	ক	৪	ক	৫	ঘ	৬	গ	৭	ক	৮	ঘ	৯	খ	১০	ক	১১	খ	১২	ঘ	১৩	ক
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	খ	২২	ক	২৩	গ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $COP = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{1200}{1800 - 1200} = \frac{1200}{600} = 2$

৫. তারকে টেনে n গুণ করলে রোধ, $R_2 = n^2R_1$; টেনে দ্বিগুণ করলে, $n = 2$, $R_2 = 2^2R_1 = 4R_1 = 4 \times 4 = 16\Omega$

৯. প্রাবল্য, $E \propto \frac{1}{r^2}$। প্রাবল্য দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং r বাড়লে E হ্রাস পায়।

১১. চার্জ, $Q = 10 \times 10 = 100C$, দূরত্ব, $r' = 5\ cm <$ ব্যাসার্ধ, $r = 10\ cm$

$\therefore$ বিভব, $V = C\frac{Q}{r} = \frac{9 \times 10^9 \times 100}{0.1} = 9 \times 10^{12}\ V$
[∵ গোলকের অভ্যন্তরে বিভব পৃষ্ঠের বিভবের সমান

১৮. $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.9c}{c}\right)^2}} = 6.88 \times 10^8\ s \approx 6.87 \times 10^8\ s$

২১. বন্ধন শক্তি, $B.E = \Delta mc^2 = 0.049 \times 931.5 \frac{MeV}{c^2} \times c^2 = 45.64$ MeV

২২. $^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He^{2+}$ ∴ 1টি α কণা বের হবে।

১৬০ সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সীগঞ্জ

উত্তর	১	ঘ	২	ঘ	৩	খ	৪	খ	৫	ঘ	৬	ঘ	৭	খ	৮	ক	৯	গ	১০	গ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	খ
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	গ	১৭	ঘ	১৮	খ	১৯	খ	২০	গ	২১	ক	২২	ক	২৩	ক	২৪	ঘ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. একটি গাড়ি চলতে থাকলে এর টায়ারের ভেতর আয়তন স্থির থাকা অবস্থায় তাপগতীয় প্রক্রিয়া চলে। তাই প্রক্রিয়াটি হবে সমআয়তন প্রক্রিয়া।

২. কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণে $Q \propto T^4$

$\therefore \frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^4$ বা, $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt[4]{\frac{Q_1}{Q_2}}$ বা, $\frac{T_1}{300} = \sqrt[4]{\frac{16}{1}}$

বা, $T_1 = 600$ K

৩. বাষ্পবিন্দু = 373 K, বরফ বিন্দু = 273 K

$\eta_1 = \left(1 - \frac{273}{373}\right) \times 100\% = 26.8\%$

$\eta_2 = \left\{1 - \frac{273 + (273 \times 0.1)}{373}\right\} \times 100\% = 19.5\%$

∴ দক্ষতা হ্রাস পাবে = (26.8 − 19.5)% = 7.3%

৪. $P = \frac{ml_f}{t} = \frac{\frac{60}{1000} \times 3,36,000}{60} = 336$ W

৮. $\sigma = \frac{Q_1}{4\pi r_1^2} = \frac{Q_2}{4\pi r_2^2}$ বা, $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$

আবার, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{Q_1}{r_1}}{\frac{Q_2}{r_2}} = \frac{\frac{Q_1}{Q_2}}{\frac{r_1}{r_2}} = \frac{\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2}{\left(\frac{r_1}{r_2}\right)} = \frac{r_1}{r_2}$

১৩. $E = I_1R_1 = I_2R_2$ বা, $0.6(9 + r) = 0.4(14 + r)$ বা, $r = 1\Omega$

২৩. $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_C}{I_C + I_B} = \frac{0.85}{0.85 + \frac{0.05}{1000}} = 0.99994$

১৬১ মজিদ জরিনা ফাউন্ডেশন স্কুল এন্ড কলেজ, শরীয়তপুর

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	গ	৪	ঘ	৫	ঘ	৬	গ	৭	খ	৮	ক	৯	গ	১০	ঘ	১১	ক	১২	ঘ	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	গ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	খ	২০	খ	২১	ক	২২	খ	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $n = \frac{W}{M} = \frac{6}{4} = 1.5$ mole

$PV = nRT$ বা, $PdV = nRdT$

$\therefore dW = PdV$ বা, $80 = nRdT$ বা, $dT = \frac{80}{nR} = \frac{80}{1.5 \times 8.314} = 6.4$ K

৪. $dQ = dU + dW$ বা, $dU = dQ - dW = nC_pdT - dW$

বা, $dU = 1.5 \times 13.2 \times 6.4 - 80 = 46.72\text{ J} \approx 475$ J

৮. $U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times 9^2 = 2.43 \times 10^{-4}$ J

১৪. $a\sin\theta = n\lambda$ বা, $\lambda = \frac{a\sin\theta}{n} = \frac{10^{-3} \times \sin30°}{1} = 5 \times 10^{-4}$ cm

২২. $T_{1/2} = 5$day, $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{5}$। 7.5 g ক্ষয়প্রাপ্ত হলে 2.5 g অবশিষ্ট থাকবে।

এখন, $N = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$ বা, $t = -\frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$

বা, $t = -\frac{5}{0.693}\ln\left(\frac{2.5}{10}\right) = 10$ day

২৩. $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{5}{0.693} = 7.215$ d, $N = N_0e^{-\lambda t} = 10e^{-\lambda \times \frac{1}{\lambda}} = 10e^{-1} = 3.68$ g; ক্ষয়প্রাপ্ত হবে 10 − 3.68 = 6.32 g, যা অর্ধেকের বেশি।

১৬২ গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ

উত্তর	১	গ	২	ক	৩	ক	৪	গ	৫	ঘ	৬	ক	৭	ঘ	৮	খ	৯	গ	১০	খ	১১	খ	১২	ক	১৩	ঘ
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	খ	১৯	গ	২০	ঘ	২১	খ	২২	ক	২৩	গ	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৭. A সময় পর অর্ধেক অবশিষ্ট থাকে। তাই A হলো অর্ধায়ু,

$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$

৮. $N = N_0e^{-\lambda \times t} = N_0e^{-\lambda \times \frac{1}{\lambda}} = N_0 \times e^{-1} = 0.36\,N_0$

১১. $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1000 \times 10^{-10}} = 3 \times 10^{15}$; $f \angle f_0$ তাই ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

১৮. $I = \frac{P}{V}$, $Q = It = \frac{P}{V} \times 1$ বা, $n = \frac{Q}{e} = \frac{P}{e \times V}$

$= \frac{60}{1.6 \times 10^{-19} \times 220} = 1.70 \times 10^{18}$

২২. $R \propto A^{1/3}$; $\therefore \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{1/3}$ বা, $R_2 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{1/3} \times R^1$

বা, $R_2 = \left(\frac{128}{16}\right)^{1/3} \times 3 \times 10^{-12} = 6 \times 10^{-12}$ m

১৬৩ সফিউদ্দিন সরকার একাডেমি এন্ড কলেজ, গাজীপুর

উত্তর	১	খ	২	খ	৩	ক	৪	খ	৫	খ	৬	গ	৭	খ	৮	ঘ	৯	গ	১০	ক	১১	খ	১২	ঘ	১৩	ঘ
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	খ	১৮	খ	১৯	গ	২০	গ	২১	গ	২২	ক	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৭. $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ বা, $\frac{10}{5} = \frac{30}{S}$ বা, $S = 15\Omega$। সুতরাং রোধযুক্ত করতে হবে, $(15 - 12)\Omega = 3\Omega$

১২. $C = 4\pi\epsilon_0 \times R = \frac{R}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}} = \frac{6400 \times 10^3}{9 \times 10^9} \approx 7.12 \times 10^{-4}$ F = 712 μF

১৬. $P = mv = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \times \frac{c}{\sqrt{2}}$

$= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(c/\sqrt{2})^2}{c^2}}} \times \frac{c}{\sqrt{2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{2}}} \times \frac{c}{2}$

$= m_0 \times \sqrt{2} \times \frac{c}{\sqrt{2}} = m_0c$

২৫. MeV শক্তির একক। আবার $\frac{MeV}{c^2} = J/(ms^{-1})^2 = Jm^{-2}s^2$ $= kgm^2s^{-2}m^{-2}s^2 = kg$, যা ভরের একক। a.m.u হলো ভরের একক এবং $Nm^{-1}s^2 = kgms^{-2} \times m^{-1}s^2 = kg$, যা ভরের একক।

১৬৪ আবদুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী

উত্তর	১	ⓖ গ	২	ক	৩	ঘ	৪	ক	৫	ক	৬	গ	৭	ক	৮	খ	৯	গ	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	ক	১৫	ক	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	খ	২০	ক	২১	খ	২২	ঘ	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $\frac{45-5}{110-5} = \frac{F-32}{212-32}$ বা, $F = 100.57°$

১২. $I_E = I_C + I_B$ বা, $I_C = I_E - I_B = 60 - 5 = 55$ mA

১৮. $L = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 100\sqrt{1-\left(\frac{0.9c}{c}\right)^2} = 43.59$ cm

২১. $I = I_1 + I_2 = (0.2 + 1.8)A = 2.0$ A

২২. (i) $V = IR = 0.2 \times 18 = 3.6$ V

(ii) $I_s = \frac{G}{G+S} \times I$ বা, $1.8 = \frac{18}{18+S} \times 2$

বা, $S = 2\Omega$

(iii) $19.8 = \frac{18}{18+S} \times 20$ বা, $S = 0.1818\Omega$

১৬৫ ন্যাশনাল কলেজ অব এডুকেশন, নরসিংদী

উত্তর	১	গ	২	ঘ	৩	গ	৪	ঘ	৫	গ	৬	গ	৭	ঘ	৮	ঘ	৯	খ	১০	ক	১১	গ	১২	ঘ	১৩	গ
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ক	১৭	খ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	গ	২২	গ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. Si এবং Ge ডায়োড দুটি সম্মুখ ঝোঁকে সংযুক্ত থাকায় বর্তনীর মোট ভোল্টেজ, $V = 12 - 0.7 - 0.3 = 11$ V

$\therefore$ 5.6Ω রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ $I = \frac{V}{R} = \frac{11}{5.6} = 1.96$ A

৫. বর্তনীতে একাধিক কোষ এবং রোধের ক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রবাহের মান,

$i = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2} = \frac{4+6}{4+6} = 1$ A

৬. দুটি চার্জের মধ্যবর্তী বলের মান, $F = k.\frac{q_1q_2}{r^2}$

চার্জ দুটি সমান হলে এবং তাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক করে চার্জদ্বয়ের মানও অর্ধেক করা হলে বলের মান হবে, $F' = k\frac{\left(\frac{q}{2}\right)^2}{(r/2)^2} = k.\frac{q^2}{r^2} = F$

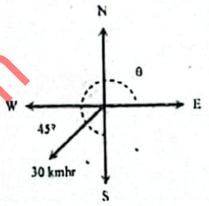
$\therefore$ বলের মান অপরিবর্তিত থাকবে।

৯. ফাঁকা গোলকের ভেতরের কোনো বিন্দুতে বিভব এর পৃষ্ঠের বিভবের সমান।

$V = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{r} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-10}}{0.04} = 45$ V

১৬. গড় আয়ু, $\tau = \frac{T_{1/2}}{0.693}$ অর্থাৎ গড় আয়ু অর্ধায়ুর $\frac{1}{0.693}$ বা, 1.443 গুণ।

২১.



বাতাসের বেগের পূর্বমুখী উপাংশের মান— $v_x = |-30.\cos(45°)| = 21.21$ km

২৪. এক আলোকবর্ষ $= 3 \times 10^8 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 9.46 \times 10^{15}$ m

অর্থাৎ 10 বছরে আলো অতিক্রম করবে $= 10 \times 9.46 \times 10^{15}$ m
$= 9.46 \times 10^{16}$ m
$= 9.46 \times 10^{13}$ km $\approx 9.5 \times 10^{13}$ km

১৬৬ সরকারি আনন্দ মোহন কলেজ, ময়মনসিংহ

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	গ	৪	ঘ	৫	ক	৬	খ	৭	গ	৮	খ	৯	গ	১০	ঘ	১১	গ	১২	গ	১৩	*
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	খ	১৮	ক	১৯	গ	২০	গ	২১	খ	২২	ক	২৩	ক	২৪	ঘ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

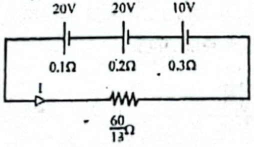
১. $W = nRT\ln\frac{V_2}{V_1} = 4 \times 8.31 \times 400 \times \ln\frac{2V_2}{V_1} = 4 \times 8.31 \times 400 \times \ln(2)$
$= 9216$ J

৫. $F = Eq = ma$

$\therefore a = \frac{Eq}{m} = \frac{(\sqrt{3^2+4^2}) \times 2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{4 \times 1.67 \times 10^{-27}} = 2.4 \times 10^8$ ms^{-2}

৯. $\{(1+1)^{-1} + 1^{-1}\}^{-1}\Omega = \frac{2}{3}\Omega$

১১. A ও B বিন্দুর মাঝে তুল্যরোধ $= (10^{-1} + 15^{-1} + 20^{-1})^{-1} = \frac{60}{13}\Omega$



কার্শফের সূত্রানুযায়ী, $-10 + 0.3I + 0.2I - 20 - 20 + 0.1I + \frac{60}{13}I = 0$
বা, $I = 9.587$ A

*১৩. A বিন্দুর দশা $= \frac{\pi}{2}$ এবং B বিন্দুর দশা $= 2\pi + \frac{\pi}{2} = \frac{5\pi}{2}$। সুতরাং দশার পরিবর্তন $= \frac{5\pi}{2} - \frac{\pi}{2} = 2\pi$

১৫. $\frac{E_0}{B_0} = c$ বা, $B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{10^{-4}}{3 \times 10^8} = 3.33 \times 10^{-13}$T

১৭. $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}} = 4.97 \times 10^{-19}$ J
$= \frac{4.97 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}$ eV ≈ 3.1 eV

২৫. $(10111)_2$
$= \{(1 \times 2^4) + (0 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0)\}_{10}$
$= (16 + 0 + 4 + 2 + 1)_{10} = (23)_{10}$

১৬৭ মুমিনুন্নিসা সরকারি মহিলা কলেজ, ময়মনসিংহ

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	গ	৪	ঘ	৫	খ	৬	ঘ	৭	খ	৮	ঘ	৯	ঘ	১০	ক	১১	ক	১২	ক	১৩	ঘ
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	গ	২২	ক	২৩	খ	২৪	গ	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. তড়িৎ দ্বিমেরুর জন্য তড়িৎ বিভব, $V_p = \frac{1}{4\pi\epsilon} \times \frac{p\cos\theta}{r^2}$

যেহেতু $\cos 90° = 0$, তাই $\theta = 90°$ হলে, $V_p = 0$ হবে।

৫. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ R হলে ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 R$।

অর্থাৎ ধারকত্ব ও ব্যাসার্ধের লেখচিত্রের গ্রেডিয়েন্ট বা ঢাল $= \frac{C}{R} = \frac{4\pi\epsilon_0 R}{R} = 4\pi\epsilon_0$

১০. $E = \frac{p^2}{2m}$ বা, $p = \sqrt{2m.E_k}$

এখন, $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.11 \times 10^{-31} \times 500 \times 1.6 \times 10^{-19}}}$
$= 0.55 \times 10^{-10}$ m $= 0.55$ Å

১৮. $C \propto K$, অর্থাৎ দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ধারকত্ব $= 2 \times 4$ F $= 8$ F

এখন, $Q = CV = 8 \times 2 = 16$ C

২১. $N = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $\frac{(100-65)}{100} \times N_0 = N_0e^{-\lambda t}$ বা, $0.35\,N_0 = N_0e^{-\lambda t}$
বা, $0.35 = e^{-\lambda t}$ বা, $-\lambda t = \ln(0.35)$ বা, $t = \frac{\ln(0.35)}{-\lambda} = \frac{\ln(0.35)}{-\frac{\ln(2)}{15}} = 22.72$

২২. $\overline{\overline{A}.\overline{B}.B} = \overline{A.\overline{B}} = \overline{A} + \overline{\overline{B}} = \overline{A} + B$

২৪. ভোল্টেজ লাভ = প্রবাহ লাভ × $\frac{R_L}{R_{in}} = 50 \times \frac{3000}{2000} = 75$

১৬৮ রাজশাহী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ

উত্তর																										
	১	খ	২	ক	৩	ঘ	৪	ক	৫	খ	৬	গ	৭	খ	৮	খ	৯	খ	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	খ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	ক	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	ক	২২	গ	২৩	খ	২৪	গ	২৫	ক		

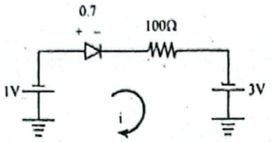
ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $1\text{ curie} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq} \therefore 10\text{micro curie} = 10 \times 10^{-6} \times 3.7 \times 10^{10} = 3.7 \times 10^5\text{ Bq}$

৩. আলোর বেগ, $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ বা, $c^2 = \frac{1}{\epsilon_0\mu_0}$ বা, $\epsilon_0\mu_0 = \frac{1}{c^2} =$ (বেগ)$^{-2}$

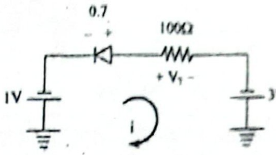
৬. $E = mc^2$ বা, $m = \frac{E}{c^2} = \frac{5.5 \times 10^{11} \times 3.6\ 10^6}{(3 \times 10^8)^2} = 22\text{ kg}$

৯.



$+1 + 0.7 + 100i - 3 = 0$
বা, $i = 0.013\text{ A} = 13\text{ mA}$

১০.



$+1 - 0.7 + V_1 - 3 = 0$ বা, $V_1 = 2.7\text{ V}$
১ম ক্ষেত্রে, $V = IR = 0.013 \times 100 = 1.3\text{ V}$;
$\therefore V_1 > V$

১৬৯ আর্মড পুলিশ ব্যাটালিয়ন পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া

উত্তর																										
	১	ঘ	২	খ	৩	ক	৪	ক	৫	খ	৬	গ	৭	গ	৮	ক	৯	ঘ	১০	ঘ	১১	খ	১২	খ	১৩	খ
	১৪	খ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	খ	২০	ক	২১	ঘ	২২	গ	২৩	ঘ	২৪	ঘ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$ বা, $4 + I = I + I + 2$ বা, $I = 2\text{ A}$

৮. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1-\left(\frac{0.9c}{c}\right)^2}} = 2.08 \times 10^{-30}\text{ kg}$

১০. পৃথিবীর হিসেবে মহাশূন্যচারীর বয়স = 30 + 20 = 50 বছর।

১৪. দশা পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} \times$ পথ পার্থক্য বা, $\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \times$ পথ পার্থক্য $\therefore$ পথ পার্থক্য $= \frac{\lambda}{2}$

১৬. $W = Q_1 - Q_2 = 4200 - 3200 = 1000\text{ J} = 1000 \times 10^7\text{ erg} = 100 \times 10^8\text{ erg}$

১৭০ কাদিরাবাদ ক্যান্টনমেন্ট স্যাপার কলেজ, নাটোর

উত্তর																										
	১	গ	২	ক	৩	গ	৪	খ	৫	গ	৬	ক	৭	ক	৮	ক	৯	খ	১০	ক	১১	ঘ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	গ	১৮	গ	১৯	গ	২০	ঘ	২১	গ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৫. উন্মুক্ত সিস্টেম: পরিবেশের সাথে ভর ও শক্তি উভয়ই বিনিময় করে।
বন্ধ সিস্টেম: পরিবেশের সাথে শক্তি বিনিময় করে, ভর বিনিময় করে না।
বিচ্ছিন্ন সিস্টেম: পরিবেশের সাথে ভর ও শক্তি কিছুই বিনিময় করে না।

৯. $C = 4\pi\epsilon_0 kR = 4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 6 \times 0.06 \times 10^{-2} = 0.4 \times 10^{-12}\text{ F} = 0.4\text{pF}.$

১০. $C = \frac{Q}{V}$ বা, $V = \frac{Q}{C} = \frac{5 \times 10^{-12}}{0.4 \times 10^{-12}} = 12.5\text{ V}$

১২. দশা পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{5\lambda}{2} = 5\pi$

১৭. $\Delta x.\Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$ বা, $\Delta x \geq \frac{h}{4\pi\,\Delta p}$
বা, $\Delta x \geq \frac{6.626 \times 10^{-34}}{4\pi \times 1.25 \times 10^{-24}}$ বা, $\Delta x \geq 0.42 \times 10^{-10}$
$\therefore \Delta x \geq 0.42\ \text{Å}$

১৮. ${}^{235}_{92}U$ এর ভর সংখ্যা 235 এবং প্রোটন সংখ্যা 92। অর্থাৎ, নিউট্রন সংখ্যা = 235 − 92 = 143।

২৫. ট্রানজিস্টর বিবর্ধক ও সুইচ হিসেবে ব্যবহৃত হয়। অন্যদিকে ডায়োড রেকটিফায়ার হিসেবে কাজ করে।

১৭১ পুলিশ লাইন্স স্কুল এন্ড কলেজ, রংপুর

উত্তর																										
	১	ক	২	গ	৩	ঘ	৪	ঘ	৫	ঘ	৬	খ	৭	খ	৮	গ	৯	ঘ	১০	ক	১১	খ	১২	ক	১৩	গ
	১৪	ঘ	১৫	ঘ	১৬	খ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	ক	২০	খ	২১	ক	২২	গ	২৩	গ	২৪	খ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $dW = pdV = (5 \times 101.325 \times 10^3) \times (3600 \times 10^{-6} - 1800 \times 10^{-6}) = 911.7\text{ J}$

২. $\frac{C_p}{C_v} = 1.41$ বা, $\frac{C_V - R}{C_V} = 1.41$ বা, $C_V = \frac{8.31}{0.41} = 20.27\text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
$dQ = dU + dW = nC_VdT + dW = 3.3 \times 20.27 \times 23 + 911.7 = 2450.8\text{ J}$

৯. $\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$ বা, $V = \frac{hc}{e\lambda_{min}} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times 10^{-10}} = 12431 \approx 12439\text{ V}$

১২. $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 2.343 \times 10^{-7}}\text{eV} = 5.3\text{ eV}$

১৬. $\theta_4 = \sin^{-1}\frac{(2 \times 4 - 1) \times 5.4 \times 10^{-7}}{2 \times 2.2 \times 10^{-6}} = 59.21°$
$\theta_2 = \sin^{-1}\frac{(2 \times 2 - 1) \times 5.4 \times 10^{-7}}{2 \times 2.2 \times 10^{-6}} = 21.6° \therefore \theta_4 - \theta_2 = 37.6 \approx 37.4°$

১৭. $\rho = \frac{RA}{L} = \frac{VA}{I \times L} = \frac{V \times m^2}{A \times m} = VA^{-1}\,m$

১৯ $\frac{R_{190}}{R_{20}} = \frac{R_0(1 + \alpha \times 190)}{R_0(1 + \alpha \times 20)}$ বা, $\frac{65}{50} = \frac{1 + 190\alpha}{1 + 20\alpha}$ বা, $\alpha = 0.00183°C^{-1}$

১৭২ কুমিল্লা সরকারি কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	ঘ	৩	ক	৪	গ	৫	খ	৬	গ	৭	ঘ	৮	খ	৯	খ	১০	খ	১১	ঘ	১২	খ	১৩	গ
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	ক	১৭	ক	১৮	খ	১৯	গ	২০	গ	২১	ক	২২	গ	২৩	গ	২৪	ক	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\frac{hc}{\lambda} = W_0 + E_K$

বা, $\frac{6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3\times10^{-7}\times1.6\times10^{-19}} = 2.2 + E_K$ বা, $E_K = 1.94$ eV

৭. আলফা কণাতে 2টি প্রোটন ও 2টি নিউট্রন থাকে। নিউট্রনের ভর ও প্রোটনের ভর প্রায় সমান। তাই আলফা কণার ভর $= 4\times1.67\times10^{-27}$ kg $= 6.674\times10^{-27}$ kg $\approx 6.694\times10^{-27}$ kg

১২. $Q = 0.7\times\frac{1}{2}mv^2 = 0.7\times0.5\times\frac{6}{1000}\times(400)^2 = 336$ J

১৬. যেহেতু হুইটস্টোন ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আছে $\left(\frac{2}{4}=\frac{3}{6}\right)$ সেহেতু মাঝের 7Ω রোধটিতে কোনো প্রবাহ হবে না।

∴ তুল্যরোধ $= \{(2+3)^{-1} + (4+6)^{-1}\}^{-1} = 3.33\Omega$

১৭. $\frac{4}{3}\pi R^3 = n\times\frac{4}{3}\pi r^3$ বা, $\frac{R}{r} = \sqrt[3]{n}$

ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 R = 4\pi\epsilon_0 r.\sqrt[3]{n} = \sqrt[3]{n}C$

১৮. $a = \frac{\lambda D}{d} = \frac{\frac{c}{f}D}{d} = \frac{\frac{3\times10^{8}}{6\times10^{14}}\times1.55}{2\times0.75\times10^{-3}} = 5.165\times10^{-4}$ m

১৭৩ চৌদ্দগ্রাম সরকারি কলেজ, কুমিল্লা

উত্তর	১	ক	২	খ	৩	ক	৪	গ	৫	খ	৬	ক	৭	খ	৮	ঘ	৯	ঘ	১০	গ	১১	গ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	খ	১৯	গ	২০	খ	২১	ক	২২	গ	২৩	গ	২৪	খ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\frac{C_p}{C_v} = \gamma = \frac{5}{3} \therefore C_p = \frac{5}{3}C_v;$

আবার, $C_p - C_v = R$ বা, $\frac{5}{3}C_v - C_v = R$

বা, $C_v\left(\frac{5}{3}-1\right) = R \therefore C_v = \frac{3}{2}R$

৮. $n = \frac{2}{1.6\times10^{-19}} = 1.25\times10^{19}$

১৫. $a\sin\theta = n\lambda$ বা, $\lambda = \frac{a\sin\theta}{n} = \frac{10^{-3}\times10^{-2}\times\sin(30^\circ)}{1}$

$= 5\times10^{-6}$ m $= 5\times10^{-4}$ cm

১৭. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1\times10^{-31}}{\sqrt{1-(0.99)^2}} = 64.5\times10^{-31}$ kg

১৮. $E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2}}c^2 = \sqrt{\frac{3}{2}}m_0c^2$

২২. t সময় শেষে $\frac{1}{2^n}$ অংশ অবশিষ্ট থাকলে অর্ধায়ু $= \frac{t}{n}$। এখানে $\frac{1}{16}$ বা, $\frac{1}{2^4}$ অংশ অবশিষ্ট থাকে। ∴ অর্ধায়ু $= \frac{14}{4} = \frac{7}{2}$ min

১৭৪ চট্টগ্রাম ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক কলেজ

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	খ	৪	খ	৫	ক	৬	গ	৭	খ	৮	ক	৯	গ	১০	খ	১১	খ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	ঘ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	খ	১৮	খ	১৯	ঘ	২০	ক	২১	ঘ	২২	খ	২৩	ক	২৪	ক	২৫	গ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $ms\Delta\theta = mgh$ বা, $\Delta\theta = \frac{gh}{s} = \frac{9.8\times200}{4200} = 0.466^\circ C$

৫. $C_p = C_2 + C_3 = 6 + 6 = 12\mu F, C_s = \left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_p}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{18}+\frac{1}{12}\right)^{-1} = 7.2\ \mu F$

৬. $C_p = C_1 + C_2 + C_3 = 18 + 6 + 6 = 30\mu F = 30\times10^{-6}$

$\therefore U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\times30\times10^{-6}\times(10)^2 = 1.5\times10^{-3}$ J

৮. (i) $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S'}$ বা, $\frac{8}{12} = \frac{16}{S'}$ বা, $S = 24\Omega;$

(ii) $R_s = S + R_1$ বা, $R_1 = R_s - S$

বা, $R_1 = 24 - 20 = 4\Omega$

১১. $a\sin\theta_n = n\lambda$ বা, $\theta_n = \sin^{-1}\frac{n\lambda}{a} = \sin^{-1}\frac{1\times5800\times10^{-10}}{2\times10^{-3}} = 0.017$

২৫. $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{200}{1+200} = 0.995$

১৭৫ বাংলাদেশ মহিলা সমিতি বালিকা উচ্চ বিদ্যালয় ও কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	গ	৪	গ	৫	ক	৬	ক	৭	গ	৮	খ	৯	ঘ	১০	ক	১১	খ	১২	খ	১৩	ঘ
	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	ক	১৯	ঘ	২০	ক	২১	গ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৪. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ বা, $0.5 = 1 - \frac{27+273}{T_1}$ বা, $T_1 = 600$ K

৬. $F \propto \frac{1}{d^2}$। সুতরাং $\frac{F'}{F} = \frac{d^2}{\left(\frac{1}{3}d\right)^2} = 9$ অর্থাৎ 9 গুণ হবে।

৮. $V = Ed$ বা, $V = 5\times0.1 = 0.5$ V

১১. $I = \frac{V}{R} = \frac{400}{1000} = 0.4$ A

১২. $P = \frac{V^2}{R}t = \frac{400^2}{1000}\times(10\times31) = 49600$ wh

$= 49.6$ kWh। মোট খরচ $(49.6\times5) = 248$ টাকা

১৬. দশা পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda}\times$ পথ পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda}\times\frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2}$

১৮. $m \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ বা, $m = \frac{9.1\times10^{-31}}{\sqrt{1-\left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = 1.516\times10^{-30}$ kg

২১. $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{3.5} = 0.198\ d^{-1}$

২২. $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$ বা, $t = -\frac{1}{0.198}\ln\left(\frac{0.4N}{N_0}\right) = 4.63$ d

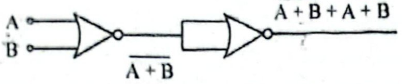
১৭৬ বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	গ	৪	ঘ	৫	ক	৬	গ	৭	ক	৮	গ	৯	ঘ	১০	গ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	গ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	গ	১৮	খ	১৯	ক	২০	খ	২১	ঘ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $N = N_0e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t}$ বা, $N = N_0e^{-\frac{\ln 2}{1.8} \times 5.4}$ বা, $N = N_0e^{-3\ln 2}$
বা, $N = \frac{N_0}{8}$ ক্ষয় হবে, $N_0 - N = \frac{7N_0}{8}$

১০.



$\overline{\overline{A+B}+\overline{A+B}} = \overline{\overline{A+B}}$
$= A + B = \text{OR gate}$

১২. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ বা, $\Delta U = \Delta Q - \Delta W = 700 - 200 = 500\ J$

১৩. $mc^2 = 2m_0c^2$ বা, $\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = 2\ m_0c^2$
বা, $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{2}$ বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$ বা, $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$
বা, $v = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3 \times 10^8 = 2.60 \times 10^8\ ms^{-1}$

১৫. $\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = m$ বা, $\frac{m_0}{m} = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \sqrt{1-(0.6)^2} = 0.8 : 1$

১৭৭ চট্টগ্রাম সিটি কর্পোরেশন আন্তঃকলেজ

উত্তর	১	গ	২	*	৩	খ	৪	খ	৫	খ	৬	ঘ	৭	খ	৮	ক	৯	ঘ	১০	ক	১১	খ	১২	গ	১৩	গ
	১৪	গ	১৫	ঘ	১৬	ক	১৭	গ	১৮	ক	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	খ	২২	ক	২৩	খ	২৪	ক	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

*২. শান্ট প্রবাহ, $I_s = \frac{S}{G+S} \times I$, গ্যালভানোমিটার প্রবাহ, $I_g = \frac{S}{G+S} \times I$ বা,
$I = \frac{G+S}{S} \times I_g$ ।
আবার, $\frac{I_s}{I_g} = \frac{G}{S}$
সুতরাং খ ও ঘ উভয়ই সঠিক নয়।

৫. X এর ভর সংখ্যা $= (27 + 4 - 1) = 30$ এবং পারমাণবিক সংখ্যা $= (13 + 2 - 0) = 15$ । সুতরাং X যৌগটি হলো তেজস্ক্রিয় ফসফরাস।

৬. $E = \frac{V}{d} = \frac{200}{0.5} = 400\ Vm^{-1}$

১৬. $hf = hf_0 + K$ বা, $6.63 \times 10^{-34} \times 4.5 \times 10^{15} = 6.63 \times 10^{-34}\ f_0 + 1.6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ বা, $f_0 = 4.11 \times 10^{15}\ Hz$

১৮. $L = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ বা, $\frac{1}{3}L_0 = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$
বা, $\frac{1}{9} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$ বা, $v = 2.828 \times 10^8\ ms^{-1}$

২১. ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{1020} = 6.79 \times 10^{-4}\ day^{-1}$

২২. গড় আয়ু, $\tau = \frac{T_{1/2}}{0.693} = \frac{2040}{0.693} = 2943.7\ days$

১৭৮ হালিশহর ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	ক	৪	গ	৫	গ	৬	ক	৭	খ	৮	গ	৯	ঘ	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	ক	১৩	ঘ
	১৪	খ	১৫	ক	১৬	খ	১৭	খ	১৮	গ	১৯	খ	২০	খ	২১	খ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৫. $n = \frac{q}{e} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18}$

৯. $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$ বা, $I = \frac{(R_1 + R_2)I_1}{R_2} = \frac{(2+6) \times 3}{6} = 4\ A$

১০. $R_{eq} = 2 \| 6 + 1.5 = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{6}\right)^{-1} + 1.5 = 3\Omega$
এখন, $E = IR = 4 \times 3 = 12\ V$

১১. শর্টকাট: $R' = n^2R = (3)^2 \times 6 = 54\Omega$

১৮. $L = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 100 \times \sqrt{1-(0.9)^2} = 43.59\ m$
$\therefore A = L_0 \times L = 43.59 \times 100 = 4359\ m^2$

২২. $\frac{r_1}{r_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} = 1 : 4$

১৭৯ কক্সবাজার ডিসি কলেজ

উত্তর	১	ক	২	গ	৩	*	৪	গ	৫	ক	৬	খ	৭	গ	৮	ক	৯	খ	১০	গ	১১	ঘ	১২	খ	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	গ	১৯	গ	২০	ক	২১	গ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	ঘ	২৫	ক		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

*৩. দশা পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} \times$ পথ পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{5\lambda}{4} = 2.5\pi$
সুতরাং সঠিক উত্তর কোনটিই নয়।

৬. রশ্মির বিকিরণে ভরসংখ্যা ও প্রোটন সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না।

৭. P এর পারমাণবিক সংখ্যা Z । α রশ্মির নি:সরণের ফলে Q এর জন্য $Z - 2$ হবে। γ রশ্মির নিঃসরণে পারমাণবিক সংখ্যার পরিবর্তন না হওয়ায় R এর জন্যও $Z-2$ হবে। আবার, β রশ্মি নি:সরনে S এর জন্য $Z - 2 + 1 = Z - 1$ হবে।
অর্থাৎ, S মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা $Z - 1$

১৩. শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ একই।

১৫. A বিন্দুতে বিভব = পৃষ্ঠের বিভব, $V = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-10}}{0.04} = 45V$

১৬. A বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য। তাই B বিন্দুতে A এর তুলনায় প্রাবল্য $= \frac{E_B}{O} =$ অসীম।

১৮. X এর ভরসংখ্যা $= 27 + 4 - 1 = 30$ এবং পারমাণবিক সংখ্যা $= 13 + 2 - 0 = 15$ অর্থাৎ, মৌলটি ফসফরাস।

১৮০ সিলেট সরকারি মহিলা কলেজ

উত্তর	১	ক	২	ঘ	৩	ক	৪	ঘ	৫	গ	৬	ক	৭	ক	৮	ঘ	৯	গ	১০	খ	১১	ক	১২	গ	১৩	ঘ
	১৪	গ	১৫	গ	১৬	ক	১৭	ঘ	১৮	ক	১৯	ঘ	২০	গ	২১	ঘ	২২	গ	২৩	ঘ	২৪	খ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা | প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

১. $\Delta S = \frac{ml_v}{T} = \frac{2 \times 2268000}{373} = 1.2 \times 10^4\ JK^{-1}$

৫. ধারকের শ্রেণি সংযোগে তুল্যরোধ, $C_s = \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{12}\right)^{-1} = 4\mu F$ ।
i. মোট সঞ্চিত শক্তি $U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times 100^2 = 0.02\ J$ ।
ii. চার্জ $Q = CV = 4 \times 10^{-6} \times 100 = 4 \times 10^{-4}C = 400\ \mu C$
iii. তুল্যরোধ $= 4\mu F$

৭. তুল্যরোধ $R_{eq} = 4 + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)^{-1} = 4 + 1 = 5\Omega$

৮. বর্তনীর $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{10}{5} = 2A$ । যেহেতু সমান্তরালে একই মানের তিনটি রোধ যুক্ত আছে। তাই $I_1 = \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 0.67A$

১৪. দশা পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} \times$ পথ পার্থক্য $= \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{3\lambda}{8} = \frac{6\pi}{8}$

১৫. $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3000 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^{-19}}$ eV = 4.14 eV

১৮. 1 gm Ra এ পরমাণুর সংখ্যা $= \frac{6.02 \times 10^{23}}{226} = 2.664 \times 10^{21}$টি

∴ ক্ষয় ধ্রুবক, $\lambda = \frac{\text{প্রতি সেকেন্ডে নির্গত আলফা কণার সংখ্যা}}{\text{পরমাণুর সংখ্যা}}$

$= \frac{3.5 \times 10^{10}}{2.664 \times 10^{21}} = 1.31 \times 10^{-11}\ s^{-1}$

১৯. $N = N_0e^{-\lambda t} = N_0e^{-1.31 \times 10^{-11} \times 3335 \times 365 \times 24 \times 3600}$
$= 0.25\ N_0$ । অর্থাৎ 75% হ্রাস পাবে।

২৫. $\overline{A\,.\,\overline{B+B}} = \overline{A\overline{B}} = \overline{A} + \overline{\overline{B}} = \overline{A} + B$

১৮১ সিলেট সরকারি কলেজ

উত্তর	১	খ	২	*	৩	খ	৪	ঘ	৫	খ	৬	ক	৭	খ	৮	ক	৯	ক	১০	গ	১১	ঘ	১২	ঘ	১৩	খ
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	গ	১৭	ঘ	১৮	খ	১৯	ক	২০	ঘ	২১	গ	২২	গ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

*২. $\Delta S = \frac{ml_f}{T} = \frac{0.08 \times 336000}{273} = 98.46\ JK^{-1}$

৪. ইলেকট্রন সংখ্যা $= \frac{2}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{19}$টি

৫. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ বা, $0.3 = 1 - \frac{27 + 273}{T_1}$ বা, $T_1 = 428.6\ K$
∴ $T_1 = 155.6°C$

৭. $E = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (10)^2 = 1 \times 10^{-4}\ J$

৮. $F \propto \frac{1}{d^2}$ বা, $\frac{F'}{F} = \left(\frac{d}{d'}\right)^2$ বা, $F' = \left(\frac{d}{2d}\right)^2 F' = F/4$
সুতরাং $F' = 160/4\ N = 40\ N$

১০. অধিক ভোল্টেজ যুক্ত ব্যাটারির বিভব হবে বর্তনীর বিভবের সমান।

তাই $I = \frac{8}{2} = 4\ A$

১৩. পথ পার্থক্য $= \frac{\lambda}{2\pi} \times$ দশা পার্থক্য $= \frac{\lambda}{2\pi} \times \frac{\pi}{3} = \frac{\lambda}{6}$

১৬. কমলা রঙের আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি তাই এর জন্য ঝালরের বেধ বেশি হবে।

১৮. $a\sin\theta = n\lambda$ বা, $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{6000 \times 10^{-10}}{2.02 \times 10^{-4}}\right) = 0.17°$

২২. $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0.693}$ বা, $T = 0.693$ বছর।

২৫. প্রোটনের শক্তি, $mc^2 = 1.67 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2\ J$
$= \frac{1.503 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}}\ eV = 9.38 \times 10^8\ eV$

১৮২ যশোর সরকারি মহিলা কলেজ

উত্তর	১	খ	২	গ	৩	ঘ	৪	ক	৫	খ	৬	গ	৭	গ	৮	গ	৯	গ	১০	*	১১	খ	১২	ক	১৩	খ
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	ঘ	১৭	ক	১৮	খ	১৯	*	২০	গ	২১	গ	২২	খ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

২. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ বা, $0.5 = 1 - \frac{300}{T_1}$ বা, $T_1 = 600\ K$

৪. $F = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 4}{(0.01)^2} = 1.44 \times 10^{15}\ N$

৯. $I = \left(\frac{G+S}{S}\right) \times I_g$; $\frac{G+S}{S}$ কে শান্টের ক্ষমতা গুণক বলে।

*১০. $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ বা, $S = \frac{Q}{P} \times R = \frac{300}{100} \times 24 = 72\Omega$
অতএব, চতুর্থ বাহুতে 72Ω রোধ হলে ব্রিজটি ভারসাম্য অবস্থায় থাকবে।

১১. 60Ω রোধের সাথে 12Ω রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে, যেন চতুর্থ বাহুতে রোধের মান 72Ω হয়।

১২. $hf_0 = \phi \Rightarrow f_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{1.07 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 2.58 \times 10^{14}\ Hz$

১৭. $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1 \times 10^{-10}} = 1.98 \times 10^{-15} \approx 2 \times 10^{-15}$

*১৯. $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{2292} = 3.02 \times 10^{-4} y^{-1}$

২০. রেডিয়ামের প্রকৃত অর্ধায়ু 1600y।

১৮৩ সরকারি পাইওনিয়ার মহিলা কলেজ, খুলনা

উত্তর	১	খ	২	ঘ	৩	গ	৪	ক	৫	খ	৬	ঘ	৭	খ	৮	গ	৯	খ	১০	খ	১১	খ	১২	ঘ	১৩	ঘ
	১৪	খ	১৫	ঘ	১৬	ঘ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	ঘ	২০	ঘ	২১	গ	২২	ক	২৩	ঘ	২৪	গ	২৫	খ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. বর্তনীর A ও B বিন্দুতে তুল্যরোধ $(3 + 2)\Omega = 5\Omega$

৪. যেহেতু A ও B প্রান্ত শর্ট সার্কিট করা তাই 3Ω রোধে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহ হবে না এবং বিভব পতন শূন্য হবে।

৭. নিউট্রন সংখ্যা $= (73 - 32) = 41$

১০. যেহেতু 1টি α ও 1টি β কণা নির্গত হয়। তাই Pa এর প্রোটন সংখ্যা হবে $92 - 2 + 1 = 91$

১১. ডোরা ব্যবধান $\propto \frac{1}{\text{চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব}}$। সুতরাং চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব দ্বিগুণ করলে ডোরা ব্যবধান অর্ধেক হবে।

১৫. ধ্বংসাত্মক ব্যতিচারে পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর বিজোড় গুণিতক হবে।

১৯. $ABC + \overline{A}BC + A\overline{B}C + \overline{A}\overline{B}C + ABC + A\overline{B}C + \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}C$
$= AC(B + \overline{B}) + \overline{A}C(B + \overline{B}) = AC + \overline{A}C = C(A + \overline{A}) = C$

১৮৪ অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	খ	৪	ঘ	৫	ক	৬	ঘ	৭	ক	৮	গ	৯	ক	১০	গ	১১	খ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	গ	১৬	খ	১৭	গ	১৮	ক	১৯	ঘ	২০	ক	২১	ঘ	২২	ক	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	ঘ		

ব্যাখ্যা প্রশ্নোত্তরের পক্ষে যুক্তি, ব্যাখ্যা, বিশ্লেষণ

৩. $R = R_0 + R_0\alpha\theta$ যা, $y = mx + c$ সরলরেখা নির্দেশ করে।

৪. $R_{eq} = \left(\frac{1}{50} + \frac{1}{100}\right)^{-1} = \frac{100}{3}\Omega$ ∴ $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{300}{100/3} = 9\ A$

৫. বাল্বের উজ্জ্বলতা নির্ভর করে এর দ্বারা ব্যবহৃত ক্ষমতার উপর। সমান্তরাল সংযোগের ক্ষেত্রে V ধ্রুব। তাই $P = \frac{V^2}{R}$ $P \propto \frac{1}{R}$। ছোট রোধের ক্ষমতা বেশি হবে। তাই উজ্জ্বলতা বেশি হবে।

৭. $A + A.B = A(1 + B) = A$

৮. $\Delta S = \frac{ml_f}{T} = \frac{1 \times 336000}{273} = 1230\ JK^{-1}$

১৭. X এর ভর $(3 + 2) - 1 = 4$; প্রোটন সংখ্যা $= (1 + 1) - 0 = 2$
∴ $X = {}^4_2He$

২৪. $W = q(V_A - V_B)$ বা, $q = \frac{W}{V_A - V_B} = \frac{4 \times 10^{-2}}{20} = 2 \times 10^{-3}C$

এক্সক্লুসিভ মডেল টেস্টের উত্তরমালা

সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

২২৮. মডেল-৪

উত্তর	১	গ	২	গ	৩	খ	৪	ঘ	৫	খ	৬	ক	৭	গ	৮	গ	৯	গ	১০	ঘ	১১	খ	১২	খ	১৩	ক
	১৪	গ	১৫	খ	১৬	গ	১৭	গ	১৮	ঘ	১৯	খ	২০	ক	২১	ঘ	২২	ক	২৩	খ	২৪	গ	২৫	ক		

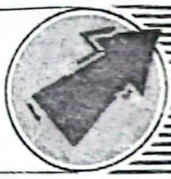
২২৯. মডেল-৫

উত্তর	১	গ	২	খ	৩	ক	৪	ক	৫	ঘ	৬	খ	৭	ক	৮	ক	৯	ঘ	১০	খ	১১	খ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	খ	১৬	ক	১৭	খ	১৮	গ	১৯	গ	২০	গ	২১	ঘ	২২	গ	২৩	গ	২৪	ঘ	২৫	গ		

২৩০. মডেল-৬

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	ক	৪	ক	৫	ঘ	৬	ক	৭	গ	৮	ক	৯	গ	১০	ক	১১	খ	১২	গ	১৩	খ
	১৪	ক	১৫	ক	১৬	গ	১৭	খ	১৮	গ	১৯	ঘ	২০	গ	২১	ঘ	২২	গ	২৩	ঘ	২৪	ক	২৫	ক		

পরিশিষ্ট



বাছাইকৃত কলেজের নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্নের উত্তর: সৃজনশীল বহুনির্বাচনি

২৩৫ উত্তরা হাই স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা

উত্তর	১	খ	২	ক	৩	ক	৪	ঘ	৫	গ	৬	গ	৭	গ	৮	গ	৯	ঘ	১০	ঘ	১১	খ	১২	ক	১৩	*
	১৪	খ	১৫	গ	১৬	খ	১৭	খ	১৮	ক	১৯	গ	২০	গ	২১	ঘ	২২	ঘ	২৩	গ	২৪	গ	২৫	গ		

* বি.দ্র.: ১৩. প্রশ্নটি ত্রুটিপূর্ণ।

২৩৬ রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	গ	৩	ক	৪	ক	৫	গ	৬	গ	৭	গ	৮	খ	৯	ক	১০	গ	১১	*	১২	গ	১৩	ক
	১৪	ঘ	১৫	খ	১৬	গ	১৭	খ	১৮	খ	১৯	খ	২০	ক	২১	খ	২২	ঘ	২৩	খ	২৪	খ	২৫	গ		

* বি.দ্র.: ১১. সঠিক উত্তর: 0.67V।

২৩৭ মৌলভীবাজার সরকারি কলেজ

উত্তর	১	ঘ	২	ক	৩	ঘ	৪	গ	৫	গ	৬	গ	৭	*	৮	গ	৯	গ	১০	ঘ	১১	ঘ	১২	খ	১৩	ঘ
	১৪	ক	১৫	খ	১৬	গ	১৭	গ	১৮	ক	১৯	গ	২০	খ	২১	খ	২২	ক	২৩	ক	২৪	খ	২৫	খ		

* বি.দ্র.: ৭. সঠিক উত্তর: 2.22Ω।

২৩৮ সরকারি প্রফুল্ল চন্দ্র কলেজ, বাগেরহাট

উত্তর	১	ক	২	গ	৩	ঘ	৪	*	৫	ঘ	৬	ক	৭	গ	৮	ঘ	৯	খ	১০	গ	১১	ঘ	১২	গ	১৩	ক
	১৪	ক	১৫	ঘ	১৬	ক	১৭	ক	১৮	গ	১৯	গ	২০	খ	২১	ঘ	২২	খ	২৩	ক	২৪	খ	২৫	খ		

* বি.দ্র.: চাপের ভিন্নতার কারণে অপশনের সবগুলোই পানির স্ফুটনাঙ্ক নির্দেশ করে। অর্থাৎ, সঠিক উত্তর কোনটিই নয়।

Academic to Admission
সকল ধরনের মেটেরিয়ালসের
এক বিশাল সমাহার।

এখানে ক্লিক করে
জয়েন করো
PDF Nexus